



**Acácio Rosse
Salamandane**

**Avaliação do desempenho de fertilizantes orgânicos
em hortícolas**



**Acácio Rosse
Salamandane**

Avaliação do desempenho de fertilizantes orgânicos em hortícolas

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biologia Aplicada, ramo de Ecologia, Biodiversidade e Gestão de Ecossistemas, realizada sob a orientação científica do Doutor Miguel João Gonçalves dos Santos, investigador em pós-doutoramento do CESAM e Departamento de Biologia e co-orientação da Doutora Susana Patrícia Loureiro, Investigadora Auxiliar do CESAM e Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Em memória de Vasco José Salamandane

o júri

presidente

Professora Doutora Maria Adelaide de Pinho Almeida
Professora auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Doutora Ana Catarina Gomes Marcelo Bastos
Investigadora em pós-doutoramento do CESAM e Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Doutor Miguel João Gonçalves dos Santos
Investigador em pós-doutoramento do CESAM e Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Doutora Susana Patrícia Mendes Loureiro
Investigador Auxiliar do CESAM e Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus orientadores, Doutor Miguel Santos que me possibilitou realizar o presente trabalho, pelo seu apoio na análise de dados e pelas suas correções e sugestões feitas ao longo do trabalho, e Doutora Susana Loureiro pelas suas contribuições no trabalho.

À Direção Regional de Agricultura e Pesca do Centro por ter permitido a realização deste trabalho no Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto, em Coimbra. Ao engenheiro João Moreira pelo apoio técnico prestado durante a montagem e a execução do ensaio, aos técnicos do Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto pelo apoio prestado

Aos que me ajudaram diretamente no laboratório (Rui Morgado, Erica Esperança), não apenas pela ajuda mas também pela boa disposição durante o trabalho que sempre demonstraram.

À minha família por me ajudar a concluir mais esta etapa e fora do País. Sem a sua ajuda tudo seria mais difícil. A Cátia Macaringue Obrigado pela paciência que tiveste durante a minha ausência, mesmo presente.

A todos os colegas do Departamento que ao longo de todo este tempo me fizeram sorrir (Michelle, Túlio, Ruy, Fernando, Cecília, Mariana, Tânia) pela amizade e disponibilidade em ajudar.

palavras-chave

fertilizantes, nabo (*Brassica rapa* L.), cebola (*Allium cepa* L.), alface (*Lactuca sativa* L.), estufas.

resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de taxas de aplicação de três fontes de fertilizantes orgânicos (corretivo orgânico maturado, estrume de galinha e estrume de cavalo) em três espécies de hortícolas: cebola (*Allium cepa* L.) variedade 'Top Star' e nabo (*Brassica rapa* L.) variedade 'São Cosme' e alface (*Lactuca sativa* L.) variedade 'Batuca'. Os ensaios decorreram no Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto, em Coimbra, Portugal. Foram realizados três ensaios diferentes: o primeiro ensaio foi montado em vasos numa estufa (germinador) usando um delineamento completamente casualizado; o segundo ensaio foi montado em estufas para avaliação da produtividade das duas culturas (cebola e nabo) em blocos completamente casualizados; o terceiro ensaio foi montado ao ar livre para avaliar o desempenho das doses dos fertilizantes na cultura de alface. O corretivo orgânico maturado teve maior rendimento na dose de 2 kg/m² para as culturas de nabo e cebola na estufa e maior rendimento na dose de 3 kg/m² para o ensaio em vasos. O estrume de galinha teve maior rendimento na dose de 10 l/m² para a cultura de nabo e 5 l/m² para a cultura de cebola, ambos nos ensaios realizados com vasos. Este fertilizante (estrume de galinha) não apresentou bom desempenho em estufa, mas foi o que teve maior rendimento na cultura de alface ao ar livre.

keywords

fertilizers, turnip (*Brassica rapa* L.), onion (*Allium cepa* L.), lettuce (*Lactuca sativa* L.), greenhouse.

abstract

The present work intended to assess the performance of several application rates of two sources of organic fertilizers (spent mushroom substrate, chicken manure and horse manure) in three plant species, onion (*Allium cepa* L) variety 'Top Star' turnip (*Brassica rapa* L) variety 'São Cosme' and lettuce (*Lactuca sativa* L.) variety 'Batuca'. The trials were conducted in the Experimental Centre of the Baixo Mondego / Experimental Station of Mondego, in Coimbra, Portugal. Three different trials were conducted: the 1st was conducted in pots in a greenhouse (germinator) using a completely randomized design, the 2nd trial was conducted in the greenhouses, in a completely randomized block design to assess the productivity of two crops (onion and turnip), the 3rd trial was conducted out of the greenhouses in an open field to assess the performance of the fertilizers rates on the lettuce crop. The spent mushroom substrate had the best yield at a rate of 2 kg/m² in the turnip and onion crops in the greenhouse, and at a rate of 3 kg/m² in the test made with pots. The chicken manure had the best yield at a rate of 10 l/m² in the turnip crop and 5 l/m² in the onion crop, both in the tests made with pots. The chicken manure did not show a good performance in the greenhouse, but it had the best yield in the lettuce crop, when the trial was conducted in an open field.

Índice

1. Introdução Geral.....	1
1.1. Papel da fertilização na produção agrícola	1
1.2. Caracterização dos solos agrícolas e consumo de fertilizantes em Portugal	5
1.3. A utilização de estufas agrícolas na produção de hortícolas	6
1.4. A agricultura biológica e qualidade ambiental.....	9
1.5. Objectivos e Estrutura da dissertação	11
1.6. Relevância da dissertação	12
1.7. Referências Bibliográficas	14
2. Avaliação da aplicação de diferentes taxas de fertilizantes orgânicos em culturas de nabo (<i>Brassica rapa</i> L.) e cebola (<i>Allium cepa</i> L.)	21
2.0. Resumo	22
2.1. Introdução	22
2.2. Metodologia	25
2.2.1. Localização do Ensaio	25
2.2.2. Fertilizantes e Plantas usadas no ensaio	25
2.2.3. Caracterização físico-química dos fertilizantes orgânicos e solo agrícola	26
2.2.4. Desenho Experimental	27
2.2.5 Taxas de aplicação dos Fertilizantes	28
2.2.6. Medição de pH e da Matéria orgânica no solo	28
2.2.7. Parâmetros avaliados e análise estatística	29
2.3. Resultados	30
2.3.1 Nabo	30
2.3.2. Cebola.....	33
2.3.3. Variação dos valores de pH do solo e Percentagem da Matéria Orgânica	37
2.4. Discussão	39
2.4.1. Nabo	39
2.4.2. Cebola.....	41
2.5. Conclusões	45
2.6. Referências Bibliográficas	46
3. Avaliação da aplicação de fertilizantes orgânicos na produtividade de culturas de nabo (<i>Brassica rapa</i> L.) e cebola (<i>Allium cepa</i> L.) numa estufa.....	50
3.0. Resumo	51
3.1. Introdução	51
3.2. Metodologia	53
3.2.1. Localização do estudo	53
3.2.2. Caracterização físico-químico dos fertilizantes orgânicos usados.....	54
3.2.3. Desenho Experimental	55
3.2.4. Parâmetros avaliados e Análise estatística	56
3.2.5. Análise Financeira.....	57
3.3. Resultados	58
3.3.1. Nabo	58
3.3.2 Cebola.....	58
3.3.3. Análise Financeira.....	60
3.4. Discussão	61
3.4.1. Nabo	61
3.4.2. Cebola.....	62
3.5. Conclusão.....	65

3.6. Referências Bibliográficas	66
4. Avaliação da produtividade de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.) com aplicação de três fertilizantes orgânicos ao ar livre	70
4.0. Resumo	71
4.1. Introdução	71
4.2. Metodologia	73
4.2.1. Localização do Ensaio	73
4.2.2. Caracterização físico-químico dos fertilizantes orgânicos usados.....	73
4.2.4. Desenho Experimental	75
4.2.5. Taxas de aplicação dos Fertilizantes	77
4.2.6. Parâmetros avaliados.....	77
4.2.7. Análise Estatística	77
4.3.1. Rendimentos brutos.....	78
4.3.2. Rendimento Comercial.....	79
4.3.3. Discussão	81
4.4. Conclusão	84
4.5. Referências Bibliográficas	85
5. Discussão geral e considerações finais	88
5.1. Referências Bibliográficas	91

1. Introdução Geral

1.1. Papel da fertilização na produção agrícola

A produção de alimentos *per capita* não tem acompanhado o crescimento da população mundial (Kimani e Lekasi, 2004; FAO, 2011; EC, 2012). O crescimento rápido da população mundial coloca um desafio à produção global de alimentos e à sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Móznér et al., 2012). Uma das razões que justifica esta situação é o declínio na fertilidade do solo (Stoorvogel et al., 1993; EC, 2012). O aumento de áreas agrícolas com baixa fertilidade do solo é resultante do cultivo intensivo onde os níveis de reposição de nutrientes no solo são demasiado baixos para manter níveis elevados de produtividade (Stoorvogel et al., 1993). A fertilidade do solo tornou-se assim uma questão importante para a pesquisa e desenvolvimento agrícola a nível mundial (Bationo et al., 2006).

A intensificação da agricultura leva a um aumento das quantidades de fertilizantes e pesticidas que anualmente são aplicados para aumentar a produtividade (Ayala e Rao, 2002). A atividade agrícola encontra-se fortemente dependente dos recursos naturais, dando origem a uma relação muito particular entre agricultura e ambiente, pelo que sistemas de produção mais intensivos, podem conduzir a uma progressiva degradação do ambiente (Calouro, 2005). Esta dependência implica que para manter a longo prazo as produções agrícolas, seja necessário garantir a sustentabilidade da atividade agrícola, tornando-a mais harmoniosa com o ambiente.

A agricultura tem impactos significativos sobre o solo, água e biodiversidade (Móznér et al., 2012). Nos últimos anos tem procurado minimizar-se estes impactos sem pôr em causa a produção de alimentos (Tilman et al., 2002). A aplicação excessiva de fertilizantes causa contaminação dos solos, águas subterrâneas e rios, através de processos de lixiviação e escoamento superficial (Móznér et al., 2012). O enriquecimento das águas subterrâneas e dos rios por nitratos origina a eutrofização de rios e lagos colocando em perigo os ecossistemas de água doce (Sandhu et al., 2010).

Os fertilizantes têm efeitos significativos no aumento da produção de alimentos no mundo, e são um componente indispensável da agricultura moderna (Fixon e West,

2002). As estimativas mostram que um aumento de 50% na produção agrícola é conseguido através da aplicação de fertilizantes químicos (FAO, 1989; Morris et al., 2007). Infelizmente, a absorção de nutrientes no sistema solo-planta raramente excede 50% do fertilizante aplicado, enquanto o restante é perdido por lixiviação no solo (Abbasi et al., 2003).

Fertilizante é qualquer material orgânico ou inorgânico, de origem natural ou sintético que é adicionado aos solos para fornecer um ou mais nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Isherwood, 2000; Morris et al., 2007). Os nutrientes podem ser divididos em nutrientes orgânicos (carbono, hidrogênio e oxigênio), que são provenientes do ar e da água, e nutrientes minerais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre, zinco, molibdênio, boro), os quais devem ser fornecidos por meio da fertilização quando os teores não estão em suficiente quantidade no solo para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Blackshaw et al., 2002).

Os fertilizantes podem ser químicos, orgânicos ou organoquímicos, sendo os últimos uma mistura entre os fertilizantes químicos e orgânicos (Kikuchi, 1999). Os fertilizantes químicos são constituídos por compostos inorgânicos, sendo os mais usados na agricultura devido ao seu alto conteúdo em nutrientes, menor custo por unidade do elemento e efeito mais rápido (Malavolta et al., 1997). Os fertilizantes orgânicos são produtos resultantes da decomposição de matéria orgânica de origem vegetal ou animal (Blackshaw et al., 2002).

Os fertilizantes químicos nitrogenados, especialmente sulfato de amônio e nitrato de amônio, acidificam o solo (Gong et al., 2009a), embora esse efeito seja menos acentuado em solos ricos em matéria orgânica (Banger et al., 2009). O uso de matéria orgânica e de calcário, nas doses normais de aplicação para calagem (i.e. aplicação de calcário no solo para correção do pH), pode não evitar a acidificação, mas pode reduzir a velocidade do processo de acidificação do solo (Liang et al., 2012). Além de neutralizar a acidez do solo, a calagem melhora a disponibilidade de outros nutrientes, como o fósforo, e diminui a toxicidade de elementos como o alumínio e manganésio (Purakayastha et al., 2008; Liang et al., 2012).

Existe uma preocupação com a poluição das águas superficiais e dos aquíferos por fertilizantes nitrogenados (Móznér et al., 2012), embora o impacto direto da aplicação de fertilizantes químicos no conteúdo de nitrato de águas não esteja completamente estabelecido (Tilman et al., 2002). Estima-se que os fertilizantes nitrogenados sejam responsáveis por 45% do nitrogénio mineral introduzido anualmente nos ecossistemas (Six et al., 2000; Chen et al., 2007); com o aumento dos níveis da erosão e lixiviação, essa percentagem vem aumentando gradualmente (Yu et al., 2013).

Na perspectiva de se reduzir o impacto dos fertilizantes químicos surgiram os fertilizantes nitrogenados de solubilidade controlada que apresentam vantagens agronómicas (Manna et al., 2007), especialmente em regiões tropicais, e em regiões com solos arenosos, sujeitas a chuvas intensas e sob irrigação, onde as perdas de nitrogénio são particularmente acentuadas (Banger et al., 2009). Porém, o alto custo desses fertilizantes de solubilidade controlada tem restringido o seu uso a culturas de alto valor, tais como as hortícolas (Liang et al., 2012).

Para além dos fertilizantes de solubilidade controlada, existem uma grande quantidade de fertilizantes orgânicos que são usados na agricultura (Liang et al., 2012). O estrume de animais e compostos orgânicos provenientes de resíduos agrícolas, domésticos, municipais e industriais oferecem uma boa alternativa aos fertilizantes químicos (Lal, 2004; Yu et al., 2013). Estes compostos têm sido amplamente utilizados para responder às necessidades de aumentar a produtividade, melhorar as propriedades físicas e químicas do solo (Ayala e Rao, 2002), e também responder à crescente procura da agricultura orgânica (Yu et al., 2013).

Os fertilizantes orgânicos podem ser de origem animal como é caso de estrumes resultantes da decomposição anaeróbica de excrementos de animais, de origem vegetal, resultante da compostagem de vegetais como restos de culturas, resíduos domésticos e industriais e resíduos urbanos, ou podem ser resultantes da mistura de vegetais e excrementos de animais (Hebbar et al., 2004; Espíndola et al., 2006). O corretivo orgânico maturado é composto por 50% de matéria orgânica vegetal, 25% por matéria orgânica de origem animal e 25% de turfa, o que lhe confere uma grande capacidade de troca catiónica (Hartz et al., 2005). O fertilizante orgânico de origem animal mais conhecido é o estrume

que é formado por excrementos sólidos e líquidos dos animais, podendo ser misturado com 25% de turfa (Hartz et al., 2005; Trazzi et al., 2012). Estes estrumes são bons fornecedores de nutrientes, sendo o fósforo e o potássio rapidamente disponíveis para as plantas, porém a disponibilidade de nitrogénio é dependente da maturação do composto (Trazzi et al., 2012).

A maioria dos solos do mundo possui pH ácido (Malavolta et al., 1997), sendo esta condição desfavorável à absorção de nutrientes pelas plantas (Stoorvogel e Smaling, 1990). Contribuindo para esta condição está o facto de a absorção de nutrientes catiónicos presentes na fase líquida do solo pelas plantas libertar iões H^+ que reduzem o pH do solo (Blackshaw et al., 2002); o mesmo fenómeno ocorre quando são aplicados no solo fertilizantes nitrogenados e fertilizantes orgânicos (Moretti, 2003). Dessa forma, é natural que as práticas agrícolas promovam a acidificação do solo ao longo do tempo, seja pela absorção de nutrientes naturais pelas plantas, seja pela adição de fertilizantes químicos e orgânicos (Ayala e Rao, 2002). Assim sendo, é importante corrigir o pH do solo através da aplicação de corretivos de acidez, como a dolomita ($CaMg(CO_3)_2$), que para além de aumentar o pH do solo, fornece nutrientes como o Ca e Mg, melhorando desta forma as propriedades químicas do solo.

As recentes preocupações com o impacto da agricultura, sobretudo no empobrecimento dos solos, contaminação de rios e lagos através de aplicação de fertilizantes e pesticidas que são lixiviados anualmente enfatizam a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias de produção que sejam sustentáveis economicamente e ecologicamente. Uma destas técnicas consiste na incorporação da matéria orgânica no solo, visto que melhora as suas propriedades físicas (Benbi et al., 1998), recupera a fertilidade e aumenta a produtividade das culturas (Yaduvanshi, 2003).

Há concentração de esforços a nível mundial para utilização de fertilizantes orgânicos, que possam fornecer a mesma quantidade de nutrientes às plantas que os fertilizantes inorgânicos (Vanlauwe et al., 1996; Rao et al., 1998). O aumento da reciclagem de resíduos vegetais, resíduos agro-industriais, resíduos municipais e estrumes de animal poderão complementar a disponibilidade de nutrientes e reduzir a dependência de fertilizantes químicos (Chambers et al., 2000).

1.2. Caracterização dos solos agrícolas e consumo de fertilizantes em Portugal

Nos últimos anos, tem-se registado um declínio da produtividade dos solos a nível mundial. Este problema é causado principalmente devido à erosão, o que deixou cerca de um terço dos solos agrícolas mundiais com baixa aptidão agrícola. Atualmente, cerca de 77% dos solos da União Europeia (UE) correspondente a áreas agrícolas e silvícolas apresentam baixa produtividade, evidenciando a importância de políticas agrícolas que permitam remediar esta situação (Rosas, 2002). Em Portugal Continental tendo em vista a produção agrícola, cerca de 95.7 % dos solos apresentam capacidade de troca catiónica (CTC) média a baixa e 88.2% dos solos apresentam um valor de pH abaixo do considerado ótimo para o crescimento da vegetação (Giordano et al., 1991; Dias et al., 2003).

A fragilidade química / mineral da maioria dos solos Portugueses, resultante das suas características de pH e de CTC, aumenta o papel preponderante que a matéria orgânica assume para a manutenção da qualidade do solo. Deve salientar-se que a matéria orgânica do solo é uma importante fonte de nutrientes, elemento estabilizador da estrutura do solo e substrato da atividade biológica, estando diretamente relacionada com a capacidade produtiva e consequente resistência à erosão dos solos (Ministério do Ambiente, 1999; Gonçalves et al., 2007).

Apenas uma pequena parte do território continental tem quantidade de matéria orgânica considerada média ou alta, devendo pois, uma política agrícola responsável ter como prioridade a sua conservação (Ministério do Ambiente, 1999, Gonçalves et al., 2007). Assim, a maior parte dos solos em Portugal continental não apresentam boa aptidão agrícola (Quelhas dos Santos, 1995; Ministério do Ambiente, 1999; Portela e Louzada, 2007) e apresentam os valores mais desfavoráveis entre os países do Sul da Europa, sendo que 66% dos solos estão classificados como de baixa qualidade, de acordo com a Carta de solos de Portugal (Giordano et al., 1991; Portela e Louzada, 2007).

Dentro da União Europeia, há uma grande variação no consumo de fertilizantes químicos. A média da União em 2009 situou-se em torno de 76 kg/ha de fertilizantes para suprimento de macronutrientes como o nitrogénio, fósforo e potássio (Eurostat, 2011). Os fertilizantes nitrogenados representam a maior parte da aplicação com uma média estimada em 59 kg/ha o que equivale a 77.4% dos fertilizantes aplicados. Portugal é o país que

apresentou a menor média de aplicação, cerca de 19 kg/ha, enquanto a Holanda foi o maior consumidor entre os países da União Europeia com 125 kg/ha (Eurostat, 2011).

O consumo de fertilizantes fosfatados em 2009 fixou-se em 6 kg/ha variando entre 2 kg/ha na Roménia e 10 kg/ha, na Polónia. O consumo de potássio foi em média de 11 kg/ha na União Europeia, variando entre 2 kg/ha na Roménia e 30 kg/ha, na Bélgica e Luxemburgo. O consumo de fertilizantes à base de potássio foi maior ainda na Noruega, cerca de 33 kg/ha (Eurostat, 2011).

O consumo de fertilizantes químicos em Portugal demonstrou uma tendência decrescente. A comparação entre 2009 e 2007 revela que a utilização de fertilizantes agrícolas baixou cerca de 30% no caso dos fertilizantes potássicos, 50% para os fosfatados e 80% para os nitrogenados, colocando Portugal abaixo da média Europeia no consumo de fertilizantes nitrogenados e dentro da média do consumo de fertilizantes fosfatados e potássicos (INE, 2010; Eurostat, 2011); no mesmo período o consumo de fertilizantes orgânicos aumentou em 17% (INE, 2011).

1.3. A utilização de estufas agrícolas na produção de hortícolas

A tendência da agricultura moderna é o uso eficiente dos insumos agrícolas como os fertilizantes, pesticidas e mão-de-obra, para maximização dos lucros e redução dos impactos ambientais (Boulard et al., 2000). Nesta perspetiva surgiu a tecnologia de uso das estufas, que são estruturas feitas de vidro ou plástico que acomodam as plantas, proporcionando um microclima adequado para a produção da cultura (Polat et al., 2009). Estas estruturas garantem a produção de hortícolas e outras culturas em épocas desfavoráveis do ano (Boulard et al., 2000), bem como permitem um alargamento do período de produção (Polat et al., 2009), e consequentemente, um aumento da produtividade (Moretti, 2003).

Nos últimos anos ocorreu um grande aumento no número de estufas de plástico em países do Mediterrâneo, incluindo Portugal (von Elsner et al., 2000a; Panwara et al., 2011). O aumento da procura de produtos hortícolas, o desenvolvimento de estufas de plásticos de baixo custo, e as condições climáticas amenas tem contribuído para este aumento (von Elsner et al., 2000b; Panwara et al., 2011). Espera-se que esta tendência de

crescimento continue nos próximos anos. Assim, torna-se pertinente avaliar as vantagens da utilização deste tipo de prática na produtividade da colheita (von Elsner et al., 2000a; Panwara et al., 2011).

As estufas agrícolas garantem um ambiente satisfatório para o crescimento e produção das plantas ao longo de todo o ano (Oliveira et al., 1995, Beltrão et al., 2002, Litskas et al., 2013). Fatores de crescimento como a luz, temperatura e humidade do ar são mantidos a níveis ótimos (Beltrão et al., 2002). A luz do dia, a parte visível da radiação solar, é um dos fatores essencial para o crescimento das plantas em estufas, portanto, as estufas devem ser projetadas e construídas de tal forma que a radiação solar incidente atinja as plantas, principalmente em períodos em que a insolação é baixa (von Elsner et al., 2000a). Para além dos fatores climáticos, as estufas reduzem o risco do ataque de pragas e microrganismo patológicos que causam danos às plantas (Beltrão et al., 2002). As estufas fornecem máxima transmitância da radiação solar, que combinada com aquecimento nas épocas mais frias do ano (Beltrão et al., 2002) e condições de arejamento naturais ou artificiais que reduzem a evapotranspiração, permitem o cultivo durante todo o ano (von Elsner et al., 2000b).

Se apenas uma fração da terra é utilizada, num sistema fechado como as estufas, o resto da terra pode ser usada para outros fins, como por exemplo a pecuária ou fins não agrícolas (Tuomisto et al., 2012). As alternativas de uso da terra também são relevantes quando a biodiversidade e estratégias de conservação são tidas em consideração. Muitos estudos têm mostrado que campos de agricultura biológica têm maior nível de biodiversidade em comparação com os campos de agricultura convencional (Bengtsson et al., 2005). Assim, a utilização de estufas agrícolas em campos onde se pratica uma agricultura biológica pode aumentar a biodiversidade (Green et al., 2005; Phalan et al., 2011).

A maior parte das áreas agrícolas cobertas por estufas estão localizadas em países como o Japão, Holanda, Reino Unido, Estados Unidos da América e Europa do Leste (Beltrão et al., 2002). Em Portugal estima-se que existam pouco mais de 4930 hectares de áreas agrícolas cobertas por estufas (von Elsner et al., 2000a). No geral, estas estufas são usadas para produção de hortícolas, floricultura e em instituições de investigação agrária

(Meneses e Monteiro, 1993). De acordo com o inquérito agrícola de 2000, foi apurado um total de 12 558 estufas em Portugal Continental, distribuídas por 3 175 explorações e ocupando uma superfície de 1 162 hectares. As áreas de culturas hortícolas em estufa por exploração superiores a 2,5 hectares, perfazem 37% da área total e localizam-se em 9% das explorações do Continente (Eurostat, 2008; GPP 2011).

Na União Europeia, os vegetais mais importantes em termos de quantidades produzidas são o tomate (cerca de 15,3 milhões de toneladas), cenoura (cerca de 5,4 milhões de toneladas) e cebola (cerca de 5,1 milhões de toneladas) (GPP, 2010; Eurostat, 2008).

Em 2003 Portugal produziu 38 593 toneladas de cebola e a área cultivada foi de 1 617 hectares. Esta cultura é praticada principalmente como cultura intensiva de ar livre. As produtividades mais elevadas encontram-se na região do Alentejo, com produções médias de 30 toneladas por hectare, o que se justifica pelo clima desta região (GPP, 2007).

A produção mundial de cebola, de acordo com os dados da FAO para o ano de 2004 estimava-se em 57 milhões de toneladas, distribuída por uma superfície de 3,1 milhões de hectares (Eurostat, 2008; INE, 2010). Mais de 60% da produção mundial concentra-se no continente asiático, cabendo a liderança à China com 18 milhões de toneladas, o que representa 32% da produção mundial (GPP, 2011). A Europa tem uma representatividade na produção mundial de 15%. A América do Norte e América Central produzem, em média, cerca de 40 toneladas de cebola por hectare, sendo 54 t/ha, a produtividade média nos EUA. A Europa tem produtividades médias da ordem das 20 toneladas por hectare, sendo de 35 na UE a 25 Estados Membros. Destacam-se a Espanha (48 t/ha) e os Países Baixos (53 t/ha) com maiores produtividades. A África (16 t/ha), a Ásia (17 t/ha) e a América do Sul (24 t/ha) apresentam rendimentos mais baixos (Eurostat, 2008; INE 2010).

A produção de grelos de nabo e couve tem bastante expressão em Portugal. Em 2003 a produção foi 12 788 toneladas e a área de cultura de 1 063 hectares (GPP, 2010). A Beira Litoral é a principal região produtora de grelos, atingindo no quinquénio 1998-2002, 66% (7 300 toneladas) da produção do Continente e 50% da superfície. O Ribatejo e Oeste e o Entre Douro e Minho contribuíram com 18% e 11% da produção. Em termos do

número de explorações, a Beira Litoral aparece igualmente destacada com 53% das explorações com esta cultura, seguida da região Entre Douro e Minho com 23% e do Ribatejo e Oeste com 10% do total das explorações do Continente (GPP, 2007; GPP, 2010; INE 2010).

Na Beira Litoral, 20% da área total de hortícolas é ocupada com esta cultura e 15% é o peso da produção em relação ao total de hortícolas produzidas na região. Nesta região mais de 50% das explorações produzem grelos de nabo e de couve (GPP, 2010; INE, 2010), tendo-se verificado, nos últimos anos, um aumento na área e na produção desta cultura (GPP, 2010). Grande parte da produção é proveniente da área de Carapelhos (Mira), na qual se verifica uma exportação de 40 a 50% da sua produção total (GPP, 2007; GPP, 2010). A União Europeia é o principal destino dessas exportações, sendo a França, o país que recebe a maior percentagem (Eurostat, 2008; INE, 2010).

1.4. A agricultura biológica e qualidade ambiental

Um dos objetivos fundamentais da agricultura biológica é a produção de alimentos com o mínimo de aplicação de produtos químicos (Yu et al., 2013). O principal conceito por detrás desta abordagem é a preservação dos recursos naturais (Adewole et al., 2009), colocando o enfoque nos processos biológicos que ocorrem no solo e na planta para reciclar e libertar nutrientes, em vez de fornecer grandes quantidades de nutrientes sob a forma de fertilizantes químicos (Chen et al., 2009; Masarirambi et al., 2012).

A agricultura biológica representa menores impactos ambientais que a agricultura convencional (Feber et al., 2007; Mondelaers et al., 2009). As grandes quantidades de produtos químicos (e.g. pesticidas, fertilizantes) aplicados na agricultura convencional são a principal causa dos impactos negativos das práticas agrícolas nos ecossistemas (Williams et al., 2010). No entanto, os sistemas agrícolas biológicos apresentam custos operacionais elevados e no geral apresentam baixos rendimentos (Feber et al., 2007, Mondelaers et al., 2009; Williams et al., 2010). Resultante da reduzida aplicação de pesticidas, a incidência de pragas, doenças e infestantes são as principais causas dos baixos rendimentos observados neste tipo de prática agrícola (Kopke et al., 2008). A agricultura biológica requer mais terra para a produção de quantidade equivalente de alimentos obtida pela agricultura convencional (Mondelaers et al., 2009; Williams et al., 2010). Por conseguinte,

é importante identificar as práticas específicas que podem proporcionar benefícios ambientais e desenvolvimento de sistemas agrícolas integrados que utilizam essas práticas mantendo ao mesmo tempo níveis relativamente elevados de produção por unidade de área (Tuomisto et al., 2012).

A matéria orgânica desempenha um papel crucial na determinação de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, bem como na qualidade e fertilidade do solo no geral (Gregorich et al., 1994 e Banger et al., 2010). A restauração da matéria orgânica em solos agrícolas também representa uma potencial forma de redução de CO₂ atmosférico o que contribui para a redução do efeito dos gases de estufa (Banger et al., 2009). Portanto, a quantidade e qualidade de matéria orgânica em solos agrícolas beneficia tanto a produtividade do solo como a qualidade ambiental (Lal, 2004).

Algumas estratégias comuns para a melhoria da matéria orgânica no solo incluem o plantio direto e aplicação de fertilizantes orgânicos (Six et al., 2000; Chen et al., 2007; Chen et al., 2009), que aumentam a quantidade de matéria orgânica no solo por decomposição da biomassa. Em geral, a aplicação de fertilizantes orgânicos e, especialmente, o estrume, por si só ou em combinação com fertilizantes químicos, aumenta a concentração da matéria orgânica no solo (Blair et al., 2006a; Blair et al., 2006b; Rudrappa et al., 2006; Manna et al., 2007; Purakayastha et al., 2008; Gong et al., 2009b). Em contraste, a aplicação de fertilizantes químicos por si só têm levado, frequentemente, à redução da quantidade de matéria orgânica no solo (Gong et al., 2009b).

Os fertilizantes orgânicos além de aumentarem a quantidade de matéria orgânica, melhoram a estrutura do solo (Chambers et al., 2000), aumentam a capacidade de troca catiónica (Liang et al., 2012) e retenção de água, contribuem para amenizar a variação de temperatura do solo e aumentam o poder tampão dos solos (Gong et al., 2009b; Liang et al., 2012).

Os principais impactos ambientais da agricultura estão ligados ao uso eficiente de fertilizantes e à utilização do solo e água (Tuomisto et al., 2012). A transformação de habitats naturais em áreas agrícolas, aliado a uma aplicação excessiva de fertilizantes químicos e pesticidas é um outro fator que torna a agricultura como uma atividade de risco ambiental (Litskas et al., 2013). É importante a implementação de políticas que reduzam o

desmatamento e a emissão de gases de efeito de estufa (Soimakallio et al., 2009). A utilização de fertilizantes orgânicos aliada à produção em estufas pode reduzir drasticamente os riscos ambientais da agricultura.

Os sistemas de agricultura extensiva são ambientalmente mais sustentáveis do que os sistemas de produção intensiva (Cederberg, 1998; Tuomisto et al., 2012). No entanto, a terra é um recurso limitado para que existam sempre alternativas potenciais para novas utilizações (Tuomisto et al., 2012). Sistemas de agricultura extensiva têm menor rendimento devido ao baixo nível de consumo de produtos químicos por unidade de área, mas representam a melhor alternativa para redução dos impactos ambientais (Berlim e Uhlin, 2004).

A otimização da utilização de terra para garantir a produção adequada para alimentos, mantendo reservas de terras para outros usos está no centro das políticas europeias (Dwyer, 2011; Tóth, 2012). Para além disto, a segurança alimentar na Europa é baseada na promoção da produção de culturas tendo em conta a valorização de recursos terrestres (Tóth, 2012). O recurso terra também contribui para o fornecimento de biocombustíveis e outras matérias-primas, fornece uma plataforma para a maioria das atividades humanas e protege uma série de serviços ambientais (Blum, 2005; Tóth 2012 citando Bouma, 2006).

O desempenho destas funções que muitas vezes são realizadas no mesmo lugar e ao mesmo tempo está condicionado por fatores ecológicos e socioeconómicos (Tóth, 2012). Fatores socioeconómicos influenciam a disponibilidade de terras para produção de alimentos, seja a alocação de uso da terra e a eficiência do uso da terra. Fatores ecológicos não só condicionam a estabilidade para o uso potencial da terra, incluindo o potencial de produtividade das áreas agrícolas, mas também os limites ambientalmente aceitáveis (Tóth, 2012).

1.5. Objetivos e Estrutura da dissertação

O objetivo fundamental deste trabalho foi o de avaliar o desempenho de fontes de fertilizantes orgânicos (corretivo orgânico maturado, estrume de galinha e estrume de cavalo) em três espécies de hortícolas: cebola (*Allium cepa* L.), variedade ‘Top Star’, nabo

(*Brassica rapa* L.), variedade ‘São Cosme’, e alface (*Lactuca sativa* L.) variedade ‘Batuca’, produzidas em estufa e ao ar livre.

Os ensaios decorreram no Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto, em Coimbra, Portugal pertencente à Direção Regional de Agricultura e Pesca do Centro (DRAPC).

O primeiro ensaio foi montado em vasos numa estufa (germinador). Neste ensaio foi avaliado o desempenho da aplicação de um corretivo orgânico maturado e estrume de galinha nas culturas de nabo e cebola. O esquema do ensaio consistiu num delineamento completamente casualizado com 5 tratamentos para o corretivo orgânico maturado e 6 tratamentos para o estrume de galinha, tendo cada tratamento 4 repetições (réplicas). Os resultados deste trabalho encontram-se descritos no capítulo 2.

O segundo ensaio foi montado em estufas para avaliar a produtividade de duas culturas de nabo e cebola em estufa, submetidas à aplicação de corretivo orgânico maturado e estrume de galinha. Os ensaios foram montados em estufas diferentes, no entanto obedeceram ao mesmo esquema de blocos casualizado com 3 tratamentos e 4 repetições. Os resultados deste trabalho encontram-se descritos no capítulo 3 desta tese.

O terceiro ensaio foi montado ao ar livre para avaliar o desempenho de uma cultura de alface em relação a aplicação de um corretivo orgânico maturado, estrume de galinha e estrume de cavalo. O esquema do ensaio consistiu num delineamento de blocos completamente casualizado com 3 tratamentos para o corretivo orgânico maturado e 2 tratamentos para o estrume de galinha e estrume de cavalo, tendo cada tratamento 4 repetições (réplicas). Os resultados deste trabalho encontram-se descritos no capítulo 4 desta tese.

1.6. Relevância da dissertação

A agricultura biológica contribui para a mitigação dos impactos ambientais e apresenta benefícios para a saúde humana. Ora, esta importante contribuição está intimamente aliada à necessidade de maximização de lucro dos produtores através de uso de insumos de produção de baixo custo. Neste contexto realizou-se o presente trabalho

para avaliar de que forma a alocação de fertilizantes orgânicos poderá aumentar a produção sem comprometer a qualidade do solo.

Os resultados deste trabalho permitiram obter informação sobre o desempenho de fertilizantes orgânicos, tanto de origem vegetal como de origem animal, em culturas de hortícolas. Os resultados obtidos poderão ser utilizados pelos agricultores para uma escolha correta do tipo de fertilizante orgânico que melhor se adequa às suas culturas. Além disto, este trabalho poderá fornecer uma base informativa para a seleção das doses de fertilizante a aplicar onde se obterão melhores rendimentos financeiros, mantendo simultaneamente os níveis de matéria orgânica no solo.

1.7. Referências Bibliográficas

- Abbasi MK, Shah Z, Adams WA (2003). Effect of the nitrification inhibitor nitrapyrin on the fate of nitrogen applied to a soil incubated under laboratory condition. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166:513–518.
- Adewole MB, Adeoye GO, Sridhar MKC (2009). Effect of inorganic and organo-mineral fertilizers on the uptake of selected heavy metals by *Helianthus annuus* L. and *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) under greenhouse conditions. *Toxicological & Environmental Chemistry* 91 (5):963–970.
- Ayala S, Rao P (2002). Perspectives of soil fertility management with a focus on fertilizer use for crop productivity. *Current Science* 82 (7):797-807.
- Banger K, Kukal SS, Toor G, Sudhir K, Hanumanthraju TH (2009). Impact of long-term additions of chemical fertilizers and farm yard manure on carbon and nitrogen sequestration under rice-cowpea cropping system in semi-arid tropics. *Plant Soil* 318:27–35.
- Banger K, Toor GS, Biswas A, Sidhu SS, Sudhir K (2010). Soil organic carbon fractions after 16-years of applications of fertilizers and organic manure in a Typic Rhodalfs in semiarid tropics. *Nutr Cycl Agroecosyst* 86:391–399.
- Bationo A, Hartemink A, Lungu O, Naimi M, Okoth P, Smaling E, Thiombiano L (2006). African soils: their productivity and profitability of fertilizer use. In: *Proceedings of the African Fertilizer Summit*. June 9–13, Abuja, Nigeria, pp. 29.
- Benbi DK, Biswas CR, Bawa SS, Kumar K (1998). Influence of farmyard manure, inorganic fertilizers and weed control practices on some soil physical properties in a long-term experiment. *Soil Use Mgmt* 14:52–54.
- Berlin D, Uhlin HE (2004). Opportunity cost principles for life cycle assessment: toward strategic decision making in agriculture. *Progress in Industrial Ecology* 1:187–202.
- Blackshaw RE, Semach G, Janzen H (2002). Fertilizer application method affects nitrogen uptake in weeds and wheat. *Weed Science* 50 (5):634-641.
- Blackshaw RE, Semach G, Janzen H (2002). Fertilizer application method affects nitrogen uptake in weeds and wheat. *Weed Science* 50(5):634-641.
- Blair N, Faulkner RD, Till AR, Korschens M, Schulz E (2006b). Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility Ppart II: Bad Lauchstadt static and extreme FYM experiments. *Soil Till Res* 91:39–47.
- Blair N, Faulkner RD, Till AR, Poulton PR (2006a). Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility part I: broadbalk experiment. *Soil Till Res* 91:30–38.

- Blum WEH (2005). Functions of soil for society and the environment. *Rev Environ Sci Biotechnol* 4(3):75–9.
- Boulard T, Wang S, Haxaire R (2000). Mean and turbulent air flows and microclimatic patterns an on empty greenhouse tunnel. *Agricultural and Forest Meteorology*. Amsterdam. 100:169-181.
- Calouro F (2005). Atividade agrícola e o ambiente. Sociedade Portuguesa de Inovação. 1.^a Edição, Porto
- Cederberg C (1998). Life cycle assessment of milk production – a comparison of conventional and organic farming. In: *Biotechnology, T.S.I.F.F.A. (Ed.), SIK Report No. 643*, Gothenburg, Sweden.
- Chambers BJ, Smith KA, Pains BF (2000). Strategies to encourage better use of nitrogen in animal manures. *Soil Use Mgmt.* 16:157–161.
- Chen H, Hou R, Gong Y, Li H, Fan M, Kuzyakov Y (2009). Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China. *Soil & Tillage Research* 106: 85–94.
- Chen HQ, Billen N, Stahr K, Kuzyakov Y (2007). Effects of nitrogen and intensive mixing on decomposition of ¹⁴Clabelled maize (*Zea mays* L.) residue in soils of different land use types. *Soil Till Res* 96:114–123.
- Chen HQ, Hou RX, Gong YS, Li HW, Fan MS, Kuzyakov Y (2009). Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China. *Soil Till Res* 106:85–94.
- Dias RMS, Simões AMO, Soveral-Dias JC, Oliveira R, Rodrigues PC, Santos F (2003). Cádmio, Cobre, Níquel e Zinco em solos com ocupação agrícola em Portugal. *Revista de ciências agrárias*: 358-368.
- Dwyer J (2011). UK Land use futures: policy influence and challenges for the coming decades. *Land use policy* 28:674–83.
- Espíndola JAA, Guerra JGM, Almeida DL, Teixeira MG, Urquiaga S (2006). Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 30:321-328.
- European Commission EC (2012). Europeans attitudes towards food security, food quality and the countryside. Special Eurobarometer 389, Europeans and Agriculture.
- Eurostat (2008). Agricultural statistics Main results: 2006-2007. Disponível em http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-ED-08-001/EN/KS-ED-08-001-EN.PDF. Acessado em 25-03-2013.

- Eurostat (2011). Statistics Explained. disponível (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained) acessado em 18/01/2013-14:22.
- Feber RE, Johnson PJ, Firbank LG, Hopkins A, Macdonald DW (2007). A comparison of butterfly populations on organically and conventionally managed farmland. *Journal of Zoology* 273:30–39.
- Food and Agriculture Organization FAO (1989). Fertilizer and Food production, FAO Fertilizer Program 1961–1986, Rome, Italy.
- Food and Agriculture Organization FAO (2011). European Food Sustainable Consumption and Production Round Table Building convergence & partnership. Roma.
- Food and Agriculture Organization FAO (2012). Agricultural production, primary crops. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat>>. Acessado em: 04 Dezembro de 2012.
- Gabinete de Planeamento e Políticas - Ministério da Agricultura, do Abastecimento Rural e das Pesca (2007). Hortícolas. Disponível em: www.gpp.pt/pbl/Diagnosticos/subfileiras/Horticultura.pdf acessado em 18/02/2013.
- Gabinete de planeamento e políticas (GPP) ministério da agricultura, mar, ambiente e ordenamento do teritorio (2007). HORTICULTURA. Disponível em: <http://www.gpp.pt/pbl/diagnosticos/subfileiras/Horticultura.pdf>. Acessado 25-03-2013.
- Gabinete de planeamento e políticas GPP ministério da agricultura, mar, ambiente e ordenamento do teritorio (2011). A agricultura na economia portuguesa - envolvente, importância e evolução recente 2010. Disponível em: [http://www.gpp.pt/pbl/diagnosticos/subfileiras/ A agricultura na economia portuguesa.pdf](http://www.gpp.pt/pbl/diagnosticos/subfileiras/A%20agricultura%20na%20economia%20portuguesa.pdf). Acessado 25-03-2013.
- Giordano A, Bonfils P, Brigs D, Sequeira E, Roqueiro C, Yassoglou N (1991). The methodological approach to soil erosion and important land resources evaluation of the European community. *Soil Techno* 4:65-77.
- Gonçalves MC, Martins JC, Castanheira N, Santos FL, Neves MJ, Reis J, Prazeres A, Ramos T, Fonte S, Pires F, Bica M, Bica J (2007). Interação da salinidade e da fertilização azotada na produtividade do milho-grão. *Rev. de Ciências Agrárias* [online] 30(1):88-102.
- Gonçalves MJS, Baptista M (2001). Proposta de Norma Portuguesa Regulamentação sobre a Qualidade do composto para utilização na Agricultura. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva/ INIA, Lisboa.

- Gong W, Yan XY, Wang JY, Hu TX, Gong YB (2009a). Longterm manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat-maize cropping system in northern China. *Geoderma* 149:318–324.
- Gong W, Yan XY, Wang JY, Hu TX, Gong YB (2009b). Longterm manuring and fertilization effects on soil organic carbon pools under a wheat-maize cropping system in North China Plain. *Plant Soil* 314:67–76.
- Green RE, Cornell SJ, Scharlemann JPW, Balmford A (2005). Farming and the fate of wild nature. *Science* 307:550–555.
- Gregorich EG, Carter MR, Angers DA, Monreal CM, Ellert BH (1994). Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can J Soil Sci* 74:367–385.
- Hebbar SS, Ramachandrappa BK, Nanjappa HV, Prabhakar M (2004). Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *European Journal of Agronomy* 21:117 – 127.
- Instituto Nacional de Estatística INE (2011). Estatísticas Agrícolas 2010, Instituto Nacional de Estatística, I.P. ISSN 0079 - 4139 Lisboa.
- Instituto Nacional de Estatística, I.P. INE (2010). Contas Económicas da Agricultura 1980-2009. ISSN 1645-8877 ISBN 978-989-25-0068-3.
- Khaliq A, Abbasi MK, Hussain T (2006). Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresource Technology* 97 967–972.
- Kimani SK, Lekasi JK (2004). Managing manures throughout their production cycle enhances their usefulness as fertilizers: a review. In: Bationo, A. (Ed.) *Managing Nutrient Cycles to Sustain Soil Fertility in Sub-Saharan Africa*. Academy Science Publishers, Nairobi 187–197.
- Lal R (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123:1–22.
- Liang Q, Chen H, Gong Y, Fan M, Yang H, Lal R, Kuzyakov Y (2012). Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the North China Plain. *Nutr Cycl Agroecosyst* 92:21–33.
- Litskas VD, Karaolis CS, Menexes GC, Mamolos AP, Koutsos TM, Kalburtji KL (2013). Variation of energy flow and greenhouse gas emissions in vineyards located in Natura 2000 sites. *Ecological Indicators* 27:1–7.
- Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS de (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: Potafôs. 231-305.

- Manna MC, Swarup A, Wanjari RH, Mishra B, Shahi DK (2007). Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields. *Soil Till Res* 94:397–409.
- Masarirambi MT, Dlamini PP, Wahome K, Oseni TO (2012). Effects of Chicken Manure on Growth, Yield and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) ‘Taina’ Under a Lath House in a Semi-Arid Sub-Tropical Environment. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12 (3): 399-406.
- Meneses JF, Monteiro AA (1993). Greenhouses and protected crops in Portugal; some constraints and problems. *Proceedings of Workshop on Environmentally Sound Water Management of Protected Agriculture under Mediterranean and Arid Climates*. Bari (source area greenhouses in Portugal).
- Ministério do Ambiente (1999). Relatório do Estado do Ambiente, Solos. 213-232 pp. Disponível em: <http://www.ambiente.pt/rea99/docs/27solos.pdf#search=%22necessidade%20de%20matéria%20orgânica%20nos%20solos%20portugueses%22>. Consultado em: 8 de Dezembro de 2012.
- Mondelaers K, Aertsens J, Van Huylenbroeck G (2009). A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British Food Journal* 111:1098–1119.
- Moretti CL (2003). Boas práticas agrícolas para a produção de hortaliças. *Horticultura Brasileira* 21:(2).
- Morris M, Kelly VA, Kopicki RJ, Byerlee D (2007). *Fertilizer Use in African Agriculture: Lessons Learned and Good Practice Guidelines*. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington, DC
- Mózner Z, Tabi A, Csutora M (2012). Modifying the yield factor based on more efficient use of fertilizer—The environmental impacts of intensive and extensive agricultural practices. *Ecological Indicators* 16: 58–66.
- Padilla G, Cartea ME, Rodríguez VM, Ordás A (2005). Genetic diversity in a germplasm collection of *Brassica rapa* subsp *rapa* L. from northwestern Spain. *Euphytica* (2005) 145:171–180.
- Panwara NL, Kaushika SC, Kotharib S (2011). Solar greenhouse an option for renewable and sustainable farming. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: 3934–3945.
- Phalan B, Onial M, Balmford A, Green, RE (2011). Reconciling Food Production and Biodiversity Conservation: Land Sharing and Land Sparing. *Compared* 1289–1291.

- Polat E, Uzun H B, Onal K, Onus AN (2009). Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in greenhouses. *African Journal of Biotechnology* 8 (2):176-180.
- Portela E, Louzada J (2007). Deficiências de magnésio em solos e culturas do Norte de Portugal. *Rev. de Ciências Agrárias*[online] 30(2):67-86
- Purakayastha TJ, Rudrappa L, Singh D, Swarup A, Bhadraray S (2008). Long-term impact of fertilizers on soil organic carbon pools and sequestration rates in maize-wheatcowpea cropping system. *Geoderma* 144:370 –378.
- Quelhas dos Santos J. (1995). Fertilização e poluição – Reciclagem agro-florestal de resíduos sólidos orgânicos. Publicações Europa – América, Mem Martins, Portugal.
- Rao MR, Niang A, Kwesiga F, Duguma B, Franzel S, Jama B, Buresh RJ (1998). Soil fertility replenishment in sub-Saharan Africa: new techniques and the spread of their use on farms. *Agroforest Today* 10 (2):3–8.
- Rosas C. (2002) Compostagem. Disponível em: <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Solo>. Consultado em: 30 de Novembro de 2012.
- Rosas, C. (2002). Compostagem. Disponível em: <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Solo>. Consultado em: 30 de Novembro de 2012.
- Rudrappa L, Purakayastha TJ, Singh D, Bhadraray S (2006). Long-term manuring and fertilization effects on soil organic carbon pools in a Typic Haplustept of semi-arid sub-tropical India. *Soil Till Res* 88:180–192.
- Sandhu HS, Wratten SD, Cullen R (2010). The role of supporting ecosystem services in conventional and organic arable farmland. *Ecological Complexity* 7:302–310.
- Sheldrick WF, Syers JK, Lingard J (2002). A conceptual model for conducting nutrient audits at national, regional, and global scales. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 62:61–72.
- Six J, Elliott ET, Paustian K (2000) Soil macroaggregate turnover and microaggragate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biol Biochem* 32:2099–2103.
- Smaling EMA, Fresco LO (1993). A decision-support model for monitoring nutrient balances in Africa under agricultural land use (NUTMON). *Geoderma* 60:235–256.
- Smaling EMA, Stoorvogel JJ, Windmeijer PN (1993). Calculating soil nutrient balances in Africa at different scales. II District scale. *Fert. Res.* 35:237–250.

- Soimakallio S, Makinen T, Ekholm T, Pahkala K, Mikkola H, Paappanen T (2009). Greenhouse gas balances of transportation biofuels, electricity and heat generation in Finland - Dealing with the uncertainties. *Energy Policy* 37:80–90.
- Stoorvogel JJ, Smaling EMA, Janssen BH (1993). Calculating soil nutrient balances in Africa at different scales. II Supra-national scale. *Fert. Res.* 35:227–235.
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*: 418.
- Tóth G (2012). Impact of land-take on the land resource base for crop production in the European Union. *Science of the Total Environment* 435–436:202–214.
- Trazzi PA, Colombi R, Peroni L, Godinho TO (2012). Animal manure on substrate for forest seedling production: physical and chemical attributes. *Scientia Forestalis, Piracicaba* 40(96):455-462.
- Tuomisto HL, Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW (2012). Comparing energy balances, greenhouse gas balances and biodiversity impacts of contrasting farming systems with alternative land uses. *Agricultural Systems* 108:42–49.
- Vanlauwe B, Dendooven L, Merckx R, Vanlangenhove G, Vlassak K, Sanginga N (1996). Residue quality and decomposition under controlled and field conditions. In: *Research Highlights and Annual Report 12. International Institute of Tropical Agriculture (AATA)*, pp. 1– 6.
- von Elsner B, Briassoulis D, Waaijenberg D, Mistriotis A, von Zabeltitz C, Gratrau J, Russo G, Suay-Cortes R (2000a). Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries: Part I, Design Requirements, *J. agric. Engng Res.* 75:1-16.
- von Elsner B, Briassoulis D, Waaijenberg D, Mistriotis A, von Zabeltitz C, Gratrau J, Russo G, Suay-Cortes R (2000b). Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries, Part II: Typical Designs. *J. agric. Engng Res.* 75:111-126.
- Williams AG, Audsley E, Sandars DL (2010). Environmental burdens of producing bread wheat, oilseed rape and potatoes in England and Wales using simulation and system modelling. *International Journal of Life Cycle Assessment* 15:855–868.
- Yaduvanshi NPS (2003). Substitution of inorganic fertilizers by organic manures and the effect on soil fertility in rice - wheat rotation on reclaimed sodic soil in India. *J. Agric. Sci.* 140:161–168.
- Yu L, Nicolaisen M, Larsen J, Ravnskov S (2013) Organic fertilization alters community composition of root associated fung in *Pisum sativu*. *Soil Biology & Biochemistry* 58: 36-41.

2. Avaliação da aplicação de diferentes taxas de fertilizantes orgânicos em culturas de nabo (*Brassica rapa* L.) e cebola (*Allium cepa* L.)

Resumo

Com esta experiência pretendeu avaliar-se o efeito da aplicação de dois fertilizantes orgânicos (corretivo orgânico maturado e estrume de galinha) no rendimento de duas hortícolas (cebola e nabo). Foram avaliadas 4 taxas de aplicação de corretivo orgânico maturado e 5 taxas de aplicação de estrume de galinha. O ensaio foi conduzido em vasos num delineamento casualizado numa estufa (germinador), localizada no Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto, em Coimbra, Portugal pertencente à Direção Regional de Agricultura e Pesca do Centro (DRAPC). Na cultura de nabo o rendimento máximo foi obtido nas doses de 5 e 10 l/m² de estrume de galinha, enquanto que o corretivo orgânico produziu rendimento máximo na aplicação de 3 kg/m². Na cultura de cebola o rendimento máximo foi obtido com aplicação de 5 l/m² de estrume de galinha seguido da aplicação de 2 kg/m² de corretivo orgânico maturado. De um modo geral os dois fertilizantes mostraram um bom rendimento, diferindo apenas nas taxas de aplicação que forneceram maior crescimento e rendimento das hortícolas. Taxas de aplicação mais elevadas de estrume de galinha conduziram a uma subida do pH do solo enquanto o corretivo orgânico manteve a estabilidade dos valores de pH do solo em todas as taxas de aplicação testadas.

2.1. Introdução

Entre os fatores da produção agrícola, a adição de fertilizantes oferece uma resposta rápida no aumento de produtividade (Tilman et al., 2002). A aplicação de fertilizantes contribui para redução de abertura de novas áreas para agricultura intensiva (Robinson e Sutherland, 2002), redução da erosão (Pillai, 2013) e emissão de gases com potencial de efeito de estufa (Ayala e Rao, 2002). Os fertilizantes são fontes de nutrientes, elementos sem os quais as plantas não completam o seu ciclo de vida (Isherwood, 2000). Os nutrientes podem ser divididos em nutrientes macronutrientes (nitrogénio, fósforo, potássio, cálcio), que são absorvidos em grandes quantidades pelas plantas e micronutrientes (magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre, zinco, molibdénio, boro que são absorvidos em pequenas quantidades (Blackshaw et al., 2002).

Os fertilizantes são classificados em minerais (químicos), orgânicos ou organominerais, sendo os últimos uma mistura dos dois primeiros (Kikuchi, 1999). Os fertilizantes químicos são produzidos a partir de compostos extraídos em rochas naturais e são os mais aplicados na agricultura devido ao alto teor de nutrientes, menor custo por unidade do elemento e efeito rápido (Malavolta et al., 1997). Os fertilizantes orgânicos, por sua vez, são compostos de materiais orgânicos oriundos de matéria-prima industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal (Blackshaw et al., 2002). Embora o uso de fertilizantes orgânicos para suprir as carências em nutrientes das plantas seja feito com quantidades não inferiores a 10 toneladas por hectare (Bagali et al., 2012), doses inferiores são usadas para melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos e reciclagem dos nutrientes no sistema solo-planta (Kikuchi, 1999; Bagali et al., 2012).

Para obtenção de uma boa produção agrícola, é necessário que os nutrientes estejam presentes no solo em quantidades adequadas e disponíveis às plantas (Sheldrick et al., 2002). A aplicação de fertilizantes no solo também é feita para repor a sua perda, pois, em cada ciclo, as plantas extraem nutrientes do solo que são depois transformados e translocados para a parte vegetativa das colheitas (Raun et al., 2002).

Os fertilizantes orgânicos têm grande importância no cultivo de hortícolas, principalmente em solos de clima tropical, onde a mineralização da matéria orgânica ocorre intensamente, e onde o seu efeito é bastante conhecido nas propriedades químicas e biológicas do solo (Silva et al., 2010). Produtos da decomposição de resíduos orgânicos e estrumes de animais têm sido amplamente aplicados como fonte de nutrientes e de matéria orgânica na agricultura (Masarirambi et al., 2012). Todos esses materiais são ricos em microrganismos, macro e micronutrientes e substâncias promotoras de crescimento. Estes fertilizantes diferem dos fertilizantes químicos convencionais por serem de liberação lenta, tendo em contrapartida uma ação mais prolongada, favorecendo a formação e estruturação da microflora no solo. Os fertilizantes orgânicos são a melhor forma de fornecer azoto na fase do plantio, pois as perdas são mínimas; além disso estimulam o desenvolvimento das raízes (Araújo et al., 2008).

A produção de hortícolas requer maiores quantidades de insumos agrícolas, principalmente fertilizantes, pesticidas e água. Culturas como a cebola (*Allium cepa* L.) e

nabo (*Brassica rapa* L.) figuram na lista das hortícolas mais produzidas no mundo. A cebola é produzida e consumida a nível mundial sendo a China líder na produção mundial com 32% do total. A União Europeia e a Índia têm, cada uma, uma representatividade de 10% na produção mundial. Os EUA produzem 6% do total. A produção mundial de cebola em 2010 foi de, aproximadamente, 80 milhões de toneladas (FAO, 2011).

Em Portugal, as áreas de mercado mais representativas são o Oeste, o Montijo e a região de Póvoa de Varzim – Esposende com uma produção estimada de 2450 toneladas em 2010 (INE, 2011), a região com maior produtividade é a zona do Alentejo com uma produtividade de 30 toneladas por hectares (GPP, 2007). No entanto, o saldo da balança comercial é negativo. Aproximadamente 80% da cebola que entra em Portugal provém de Espanha e França (INE, 2011). Cerca de 50% da produção vendida ao exterior teve como destino Cabo Verde, sendo o resto distribuído maioritariamente por Espanha, Luxemburgo, França e São Tomé e Príncipe (INE, 2011).

O nabo, uma hortícola produzida quase exclusivamente no hemisfério norte e em algumas regiões frias do hemisfério sul ocupa o terceiro lugar na lista das hortícolas mais produzidas em Portugal, depois de batata e tomate, com um consumo de 65 kg per capita ano (Rosa, 1997).

Este trabalho foi realizado com objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de dois fertilizantes, corretivo orgânico maturado e estrume de galinha, em hortícolas. Mais especificamente, o propósito deste estudo foi o de determinar a taxa de aplicação de cada fertilizante que fornece maiores rendimentos nas culturas de nabo e cebola. Tendo em consideração os seus ciclos vegetativos e sistemas radicular que são bem distintos e ao facto dos fertilizantes orgânicos terem uma libertação lenta, utilizaram-se as espécies cebola (*Allium cepa* L.) e nabo (*Brassica rapa* L.).

2.2. Metodologia

2.2.1. Localização do Ensaio

O ensaio foi conduzido no Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto, em Coimbra, Portugal pertencente à DRAPC. As principais características do solo da área de estudo estão descritas na (Tabela 2.1). A estufa (germinador) com uma área de 40 m² e 2 m de altura é completamente coberta com plástico, possuindo aberturas laterais que permitem o arejamento. A estufa tem um sistema de abastecimento de água próprio permitindo a utilização de um regador manual para fornecer água às culturas durante o ensaio. O estudo decorreu entre novembro de 2012 e abril de 2013.

Tabela 2.1. Principais características do solo agrícola da DRAPC.

Parâmetro	Valor
Textura	Média
pH (H ₂ O)	7.26 -7.36
Matéria Orgânica	4.7-4.9%
Nitrogénio	0.108%
Fósforo	≥ 200 ppm
Potássio	158 ppm
Manganês	116 ppm

Fonte: DRAPC (2007)

2.2.2. Fertilizantes e Plantas usadas no ensaio

Foram usados dois tipos de fertilizantes orgânicos: um corretivo orgânico maturado e um fertilizante orgânico à base de estrume de galinha cujos nomes dos fabricantes não são mencionados neste trabalho.

Foram utilizadas duas espécies de plantas: Cebola (*Allium cepa*), variedade ‘Top Star’ e nabo (*Brassica rapa*), variedade ‘São Cosme’. A escolha destas duas espécies teve em consideração os seus ciclos vegetativos e sistemas radicular que são bem distintos e ao facto dos fertilizantes orgânicos terem uma libertação lenta. A cebola possui uma raiz fasciculada e um ciclo vegetativo de 150 - 180 dias enquanto que o nabo possui uma raiz pivotante e um ciclo vegetativo de 60 - 90 dias.

2.2.3. Caracterização físico-química dos fertilizantes orgânicos e solo agrícola

2.2.3.1. Estrume de Galinha

Fertilizante natural produzido à base de estrume de galinha, de textura média e com alto teor de matéria orgânica (Tabela 2.2). Foi concebido para incorporação no solo e em substratos, sendo recomendado para estabelecer os níveis de matéria orgânica no solo e para obter condições favoráveis para germinação das sementes.

Tabela 2.2. Composição química do estrume de galinha (dados do rótulo da embalagem).

Parâmetro	Valor
pH (H ₂ O)	7.0-8.0
Matéria orgânica	> 70%
Humidade	50 - 60%
Nitrogénio (N)	400 – 1200 mg/l (\approx 0.7 – 2.3 g/kg)
Fósforo (P ₂ O ₅)	700 - 1000 mg/l (\approx 1.3 – 1.9 g/kg)
Potássio (K ₂ O)	1000 - 1300 mg/l (\approx 1.9 – 2.5 g/kg)

Nota: Um litro de estrume pesa aproximadamente 530 g.

2.2.3.2. Corretivo orgânico maturado

O corretivo orgânico maturado consiste num fertilizante produzido à base de matéria orgânica vegetal (50%), matéria orgânica de origem animal (25%) e turfa (25%). Quando aplicado no solo contribui para o reforço dos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes no solo, em virtude de estimular a atividade microbiana no solo, aumentar os valores de pH e cálcio no solo. É rico em macronutrientes como nitrogénio, potássio, fósforo, magnésio e enxofre, e em micronutrientes como o boro, ferro, manganês, zinco e cobre (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Composição do corretivo orgânico maturado (dados do rótulo da embalagem).

Parâmetro	Valor
pH	8.4
Humidade	57.6%
Matéria Orgânica	47-55%
Nitrogénio (N)	1.9-2.2% (\approx 19-22 g/kg)
Fósforo (P ₂ O ₅)	1-1.25% (\approx 10-12.5 g/kg)
Potássio (K ₂ O)	3-3.5% (\approx 30-35 g/kg)
Cálcio (Ca)	5.5-6.5% (\approx 55-65 g/kg)
Magnésio (Mg)	0.6-0.7% (\approx 6-7 g/kg)
Enxofre	3.1-3.6% (\approx 31-36 g/kg)
Boro	30.6 mg/kg
Cadmio	0.8 mg/kg
Cobre	33.9 mg/kg
Crómio	3.7 mg/kg
Níquel	5.1 mg/kg
Chumbo	6.3 mg/kg
Zinco	230 mg/kg

2.2.3.3 Caracterização do solo agrícola usado nos ensaios

O solo usado nos ensaios foi retirado das estufas (zona de bordadura), cujas características estão apresentadas na Tabela 2.1. Na zona de bordadura não são aplicados fertilizantes, sendo uma zona tampão junto à lateral das estufas.

2.2.4. Desenho Experimental

O esquema do ensaio consistiu num delineamento completamente casualizado com 5 tratamentos para o corretivo orgânico maturado, 6 tratamentos para o estrume de galinha, tendo cada tratamento 4 repetições (réplicas).

Foram utilizados vasos com 14 cm de altura e 22 cm de diâmetro (área = 0.038 m²) para a cultura de cebola e vasos com 14 cm de altura e 17 cm de diâmetro (área = 0.023 m²) para a cultura do nabo. Colocou-se aproximadamente 2.5 kg de solo em cada vaso. A quantidade de fertilizantes para cada tratamento foi calculada tendo em conta a quantidade recomendada de fertilizante aplicada por hectare, convertendo essa medida para a área de cada vaso. As doses de fertilizante foram incorporadas manualmente nos vasos até uma profundidade de 10 cm.

Depois de os fertilizantes terem sido misturados com o solo nos vasos, foi feito o transplante de uma muda de cebola para o centro dos vasos. Foram colocadas três sementes de nabo em cada vaso a uma profundidade de 5 mm. Sete dias depois da emergência das sementes do nabo foi feito o desbaste de duas plantas, ficando apenas uma planta por vaso. Fez-se a rega utilizando um regador manual.

2.2.5 Taxas de aplicação dos Fertilizantes

Os tratamentos com o corretivo orgânico maturado foram os seguintes: T0 - controlo (0 kg/m²), T1 (1 kg/m²), T2 (2 kg/m²), T3 (3 kg/m²) e T4 (5 kg/m²). A dose recomendada pelo fabricante para aplicação do corretivo é de 2 kg/m², correspondente ao T2.

Os tratamentos com estrume de galinha foram os seguintes: T0 - controlo - (0 l/m²), T1- (5 l/m²), T2 - (10 l/m²), T3- (20 l/m²), T4- (30 l/m²), T5- (40 l/m²). A dose recomenda pelo fabricante é de 20 l/m², correspondente ao T3. O peso de um litro de estrume de galinha é de aproximadamente 530 gramas.

2.2.6. Medição de pH e da Matéria orgânica no solo

No início e no final de cada ensaio foi medido o valor de pH e no final do ensaio calculou-se o teor da matéria orgânica de cada tratamento. O pH foi determinado pelo método Eletrométrico. Para cada tratamento, pesou-se 10 gramas de solo num copo e adicionou-se 50 mililitros de água destilada, deixando-se a agitar durante 5 minutos num agitador magnético; de seguida deixou-se decantar por 2 horas e fez-se a medição do valor do pH com o leitor de pH. O teor em matéria orgânica foi calculado utilizando o método de gravimetria por incineração em mufla. 50 gramas de solo de cada tratamento foram colocadas na estufa a 105 °C durante 24 horas para remover a humidade das amostras. De seguida pesou-se novamente a amostra e foi colocada numa mufla a 500 °C durante 4 horas; deixou-se arrefecer por 4 horas e colocou-se a amostra novamente na estufa a 50 °C durante 24 horas. Após este processo, as amostras foram pesadas, sendo subtraído o peso dos cadinhos. A diferença entre o peso final da amostra e o peso da amostra depois de ter estado na estufa por 24 horas a 105 °C é equivalente à quantidade da matéria orgânica perdida.

2.2.7. Parâmetros avaliados e análise estatística

Na cultura de nabo foram avaliados o peso fresco das plantas, comprimento das plantas, peso fresco da raiz, comprimento da raiz e número de folhas por planta. Na cultura de cebola foram avaliados o peso fresco das plantas, comprimento das plantas, peso fresco da raiz, comprimento da raiz, peso e diâmetro dos bulbos.

Os dados obtidos nos diferentes tratamentos foram comparados usando uma análise de variância de uma via (ANOVA). De seguida realizou-se um teste *post-hoc* de Dunnett, com um nível de significância de 5 %, para comparar as médias dos vasos com aplicação de fertilizantes e os vasos sem aplicação de fertilizante (controlo). A comparação estatística entre os diferentes tratamentos foi feita com o teste de Tukey (comparações múltiplas), com um nível de significância de 5 %. Para a análise estatística utilizou-se o pacote de *software* STATISTICA 7.0.

2.3. Resultados

2.3.1 Nabo

O teste de Dunnett mostrou diferenças estatísticas significativas ($p < 0.05$) para o peso fresco das plantas nos tratamentos com 2, 3 e 5 kg/m² de corretivo orgânico, assim como nos tratamentos com 5 e 10 l/m² de estrume de galinha. Estes tratamentos tiveram uma média superior ao controlo (Figura 2.1). O tratamento com 1 kg/m² de corretivo orgânico maturado também registou uma média superior ao controlo, apesar de não se verificarem diferenças significativas. Os tratamentos com 20 l/m² de estrume de galinha, 30 l/m² de estrume de galinha e 40 l/m² de estrume de galinha tiveram uma média inferior ao controlo, no entanto também nestes tratamentos não se verificaram diferenças significativas.

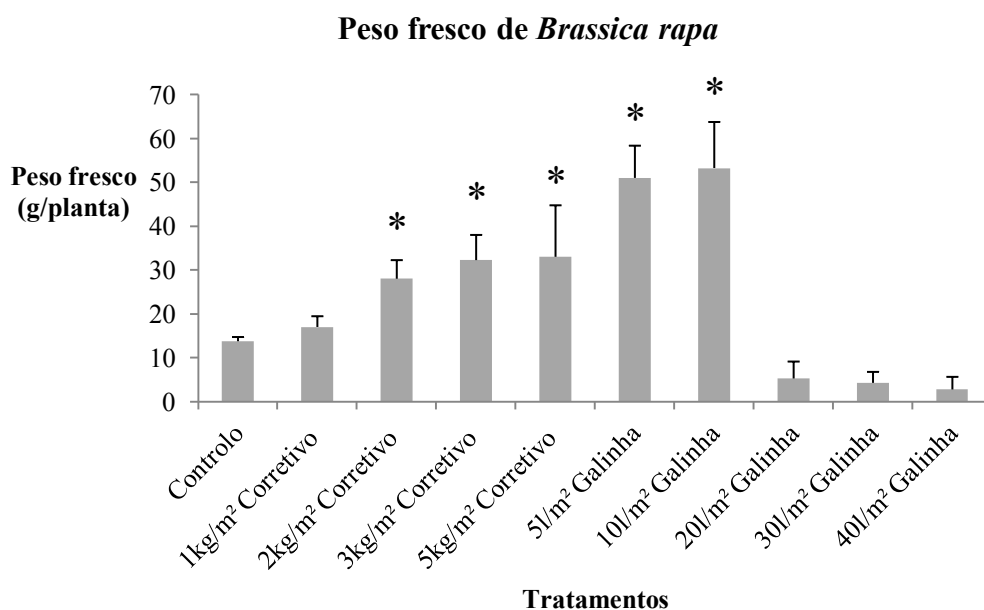


Figura 2.1 - Média (com desvio padrão) do peso fresco das plantas de nabo (*Brassica rapa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

O comprimento das plantas revelou a mesma tendência que o peso fresco. Observaram-se diferenças significativas em relação ao controlo nos tratamentos com 3 e 5 kg/m² de corretivo orgânico, bem como nos tratamentos com 5 e 10 l/m² de estrume de

galinha. As médias mais elevadas para o comprimento das plantas foram obtidas no tratamento com 10 l/ m² de estrume de galinha, enquanto que as plantas com menor comprimento foram obtidas no tratamento com 40 l/m² de estrume de galinha (Figura 2.2).

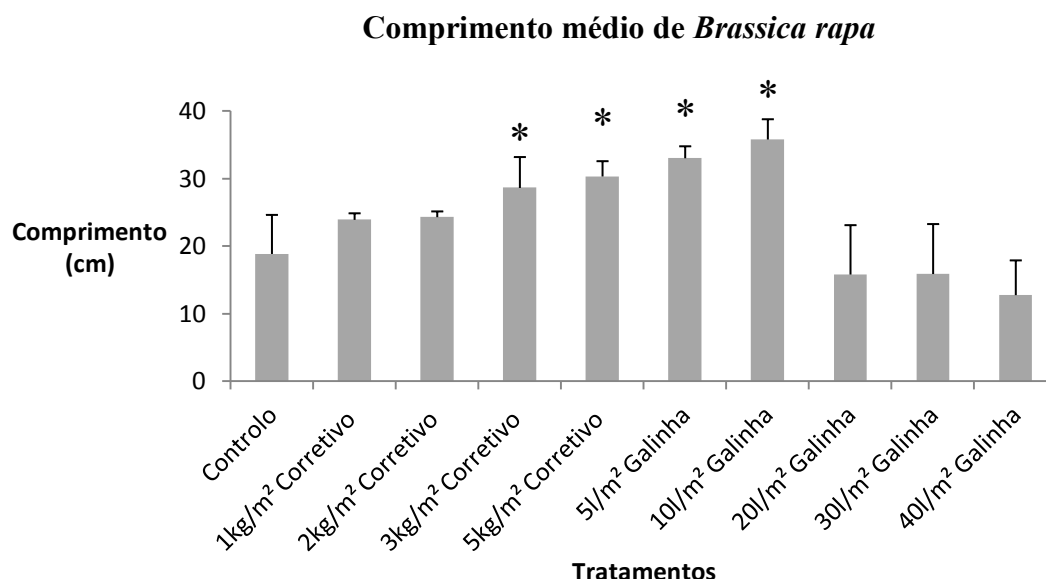


Figura 2.2. Média (com desvio padrão) do comprimento das plantas de nabo (*Brassica rapa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

Como os valores referentes ao peso da raiz não passaram no teste de normalidade (Teste de Shapiro-Wilks), foi realizada uma transformação dos valores através do método da raiz quadrada, de forma a normalizar os dados (Zar, 1999). Com os dados transformados realizou-se a respetiva análise estatística. Observaram-se diferenças significativas em relação ao controlo nos tratamentos feitos com 20, 30 e 40 l/m² de estrume de galinha (Figura 2.3). Foi nestes tratamentos que se obtiveram as médias mais baixas para o comprimento da planta. Os tratamentos com 2, 3 e 5 kg/m² de corretivo orgânico, bem como os tratamentos com 5 e 10 l/ m² de estrume de galinha tiveram médias superiores ao controlo (Figura 2.3), apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas.

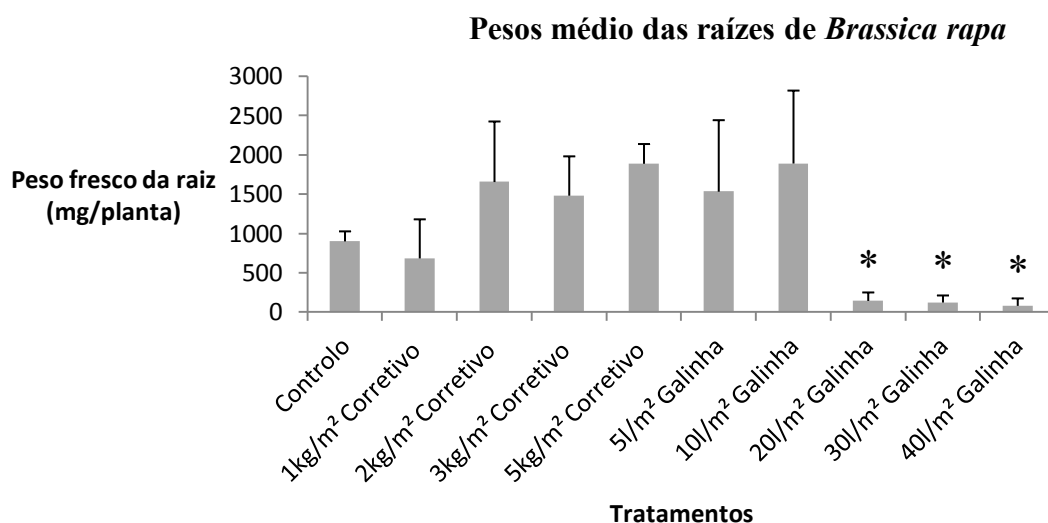


Figura 2.3. Média (com desvio padrão) do peso das raízes de nabo (*Brassica rapa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

Foram detectadas diferenças significativas no comprimento das raízes nos tratamentos realizados com 20, 30 e 40 l/m² de estrume de galinha; em todos estes tratamentos a média foi inferior ao controlo (Figura 2.4). Nos restantes tratamentos não houve diferenças significativas em relação ao controlo.

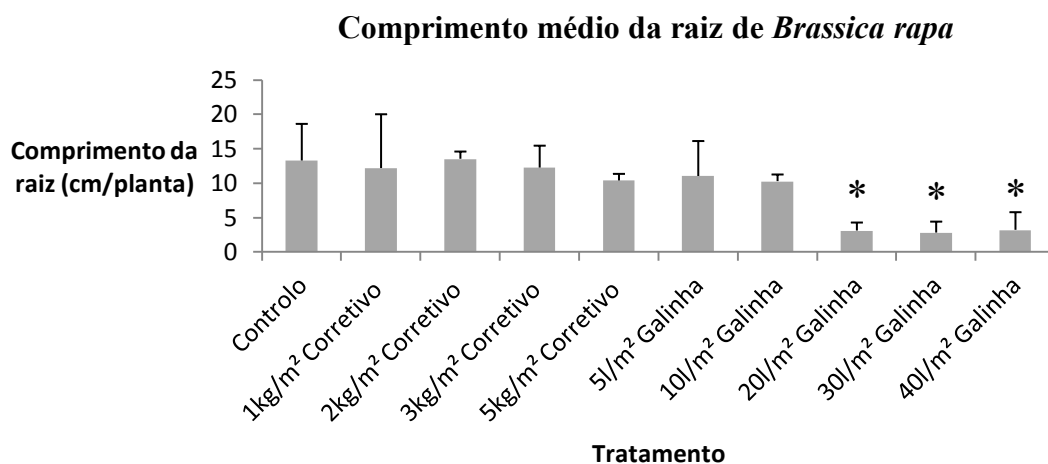


Figura 2.4. Média (com desvio padrão) do comprimento da raiz de nabo (*Brassica rapa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

Em relação ao número de folhas por planta, verificaram-se diferenças significativas nos tratamentos realizados com 5 e 20 l/m² de estrume de galinha. No

entanto, enquanto que na dose mais baixa de estrume de galinha (5 l/m^2) foi observado um aumento no número de folhas, na dose de 20 l/m^2 observou-se uma diminuição no número de folhas (Figura 2.5). Apesar de não serem diferentes estatisticamente, nas doses mais elevadas com estrume de galinha as plantas apresentaram um número de folhas inferior ao número de folhas no controlo.

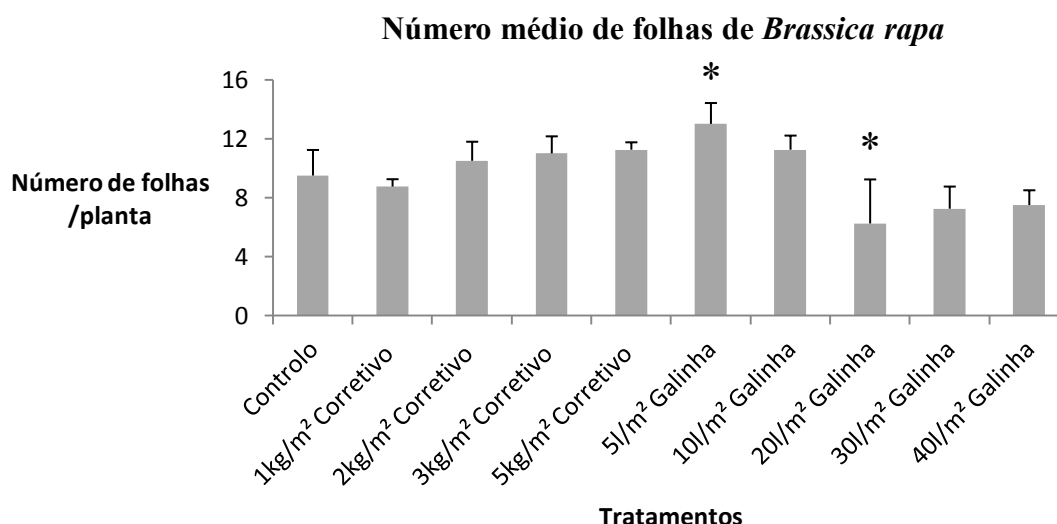


Figura 2.5. Média (com desvio padrão) do número de folhas de nabo (*Brassica rapa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

2.3.2. Cebola

O tratamento realizado com 5 l/m^2 do estrume de galinha apresentou maior peso fresco das plantas, seguido do tratamento feito com 2 kg/m^2 de corretivo orgânico maturado (Figura 2.6). Observaram-se diferenças significativas entre o controlo e todas as doses de corretivo orgânico maturado e entre o controlo e os tratamentos realizados com 5 l/m^2 e 10 l/m^2 do estrume de galinha (Figura 2.6).

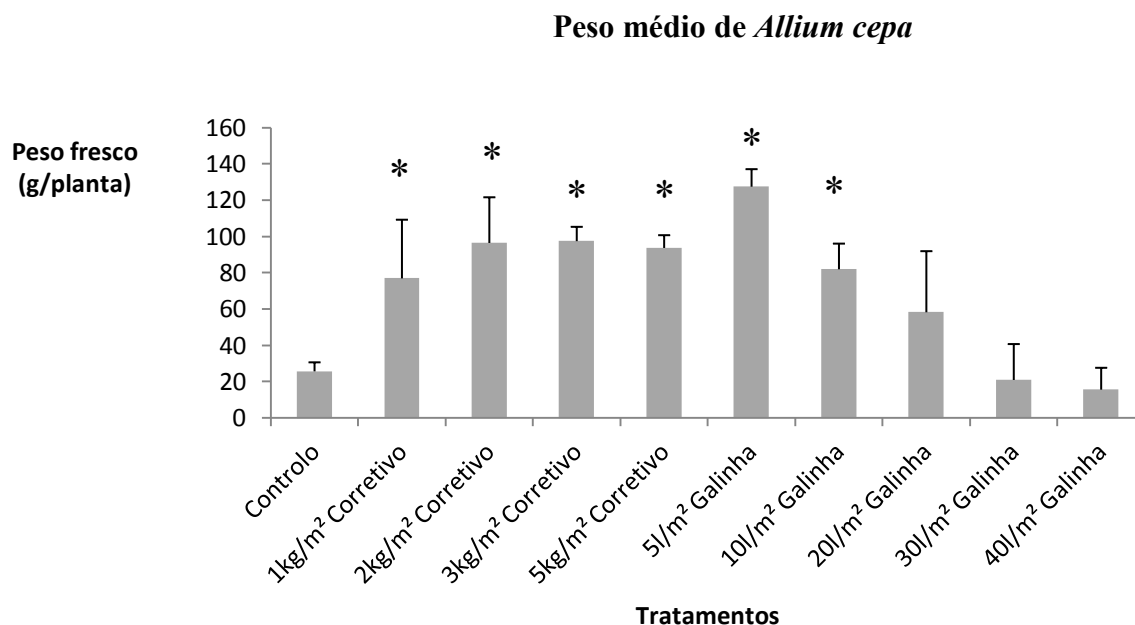


Figura 2.6. Média (com desvio padrão) do peso fresco das plantas da cebola (*Allium cepa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

O peso fresco (Figura 2.7) e o diâmetro (Figura 2.8) dos bulbos, que são parte do rendimento comercial da cebola, seguiram o mesmo padrão de desenvolvimento que o peso fresco da parte aérea das plantas. Houve diferenças significativas entre o controle e todas as doses do corretivo orgânico maturado e entre o controle e os tratamentos efetuados com 5 e 10 l/m² de estrume de galinha. Os valores mais altos nestes dois parâmetros foram observados nos vasos com 5 l/m² de estrume de galinha e nos vasos com 2 kg/m² do corretivo orgânico maturado.

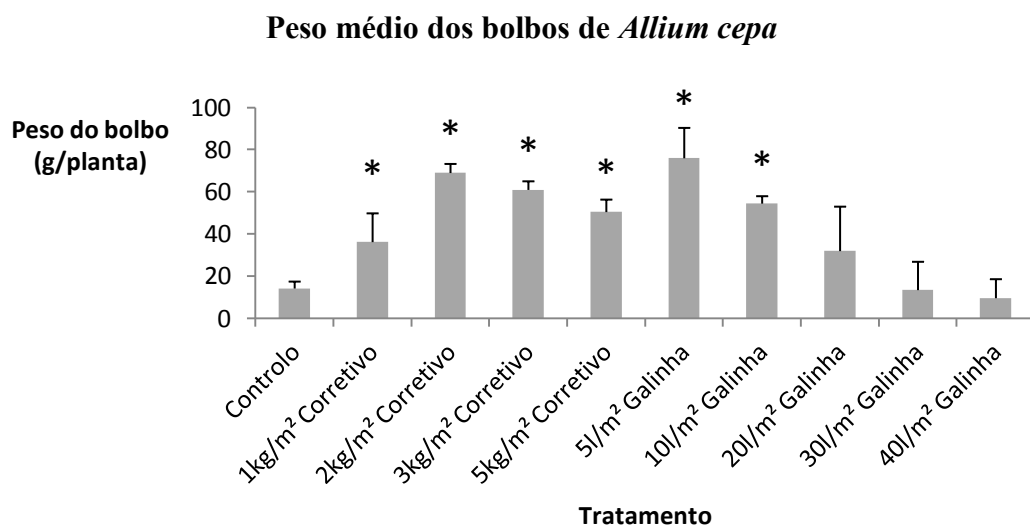


Figura 2.7. Média (com desvio padrão) do peso fresco dos bolbos da cebola (*Allium cepa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

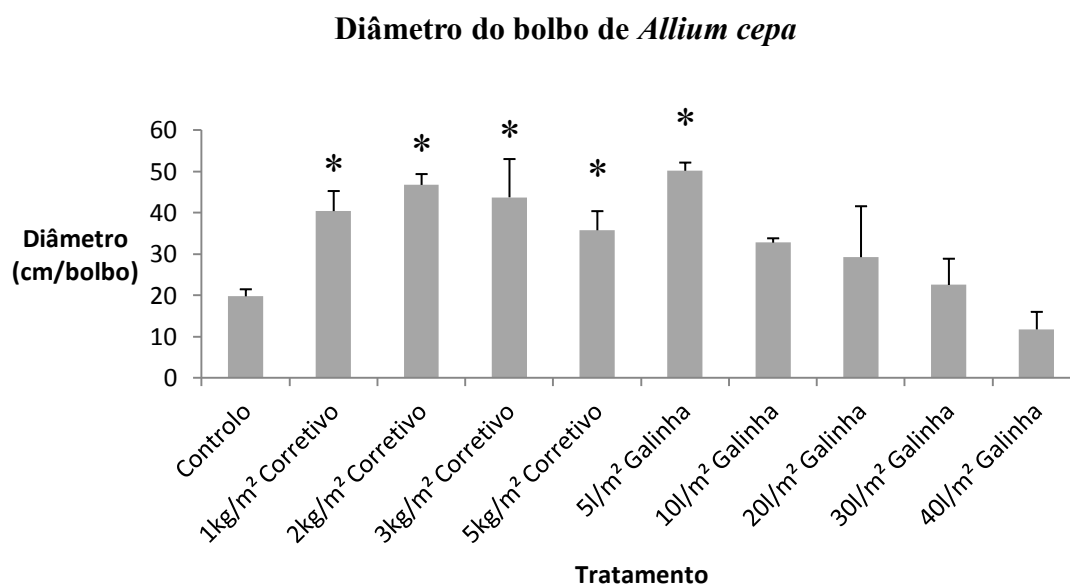


Figura 2.8 Média (com desvio padrão) do diâmetro dos bolbos da cebola (*Allium cepa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado e Galinha = Estrume de Galinha.

O comprimento das plantas foi maior no tratamento com 3 kg/m² de corretivo orgânico seguido do tratamento feito com 5 l/m² de estrume de galinha (Figura 2.9). Houve diferenças significativas entre o controlo e os tratamentos 2 kg/m², 3 kg/m² e 5 kg/m² de

corretivo orgânico maturado. No estrume de galinha apenas o tratamento 5 l/m² mostrou diferenças significativas em relação ao controle.

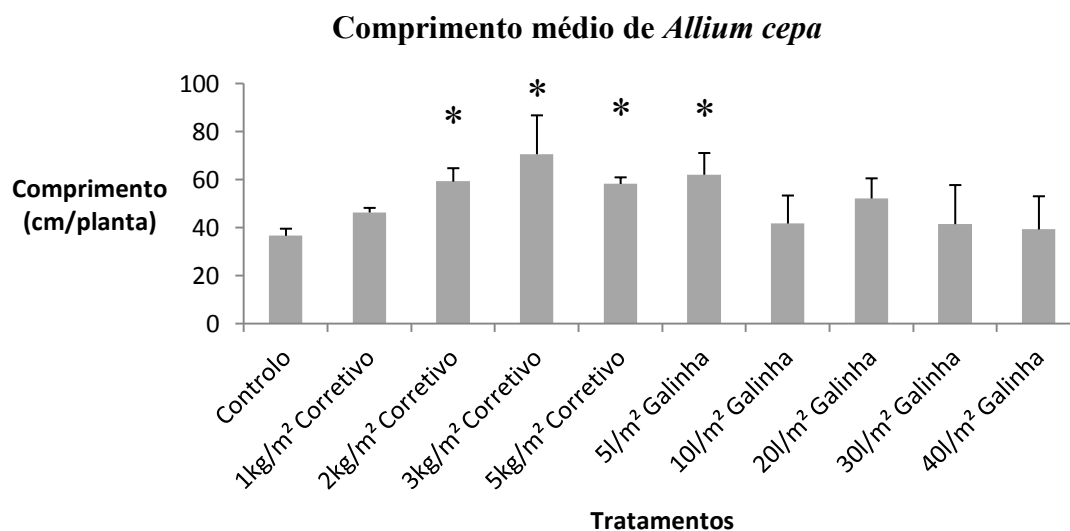


Figura 2.9 Média (com erro padrão) dos comprimentos das plantas de cebola (*Allium cepa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

O crescimento das raízes foi menor nos tratamentos 30 l/m² e 40 l/m² do estrume de galinha, que foram os únicos tratamentos que mostraram diferenças significativas em relação ao controle (Figura 2.10). Nos mesmos tratamentos obtiveram-se diferenças significativas em relação ao controle no peso da raiz (Figura 2.11).

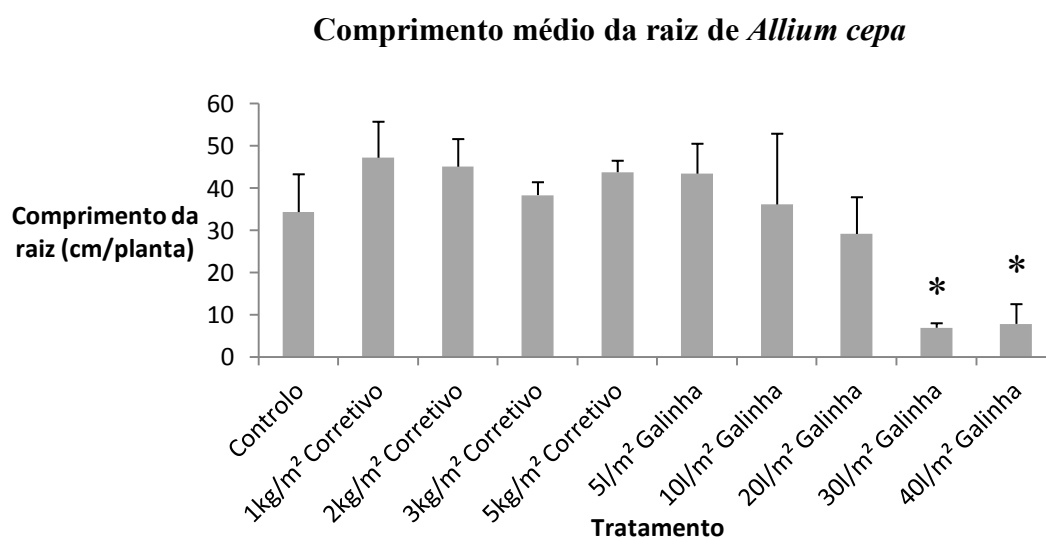


Figura 2.10. Média (com desvio padrão) do comprimento das raízes da cebola (*Allium cepa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

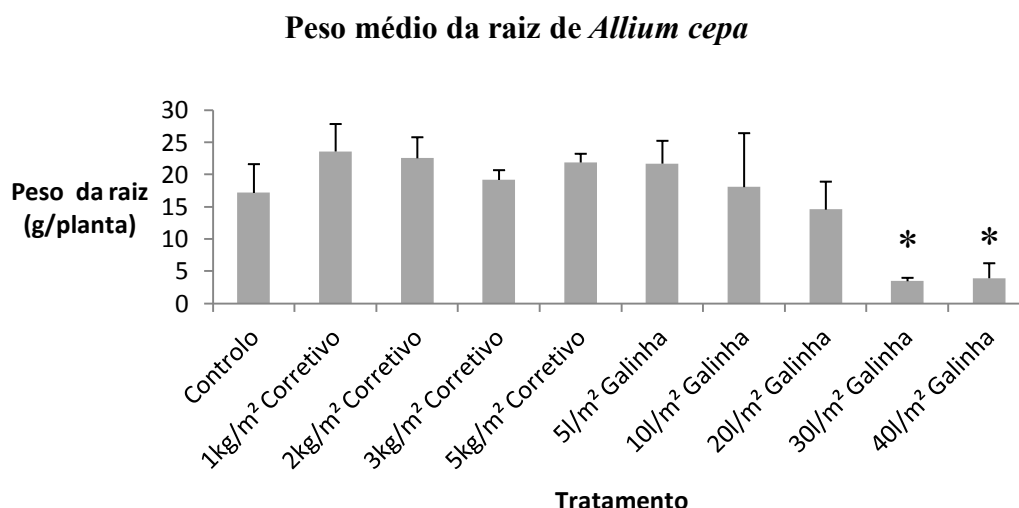


Figura 2.11. Média (com desvio padrão) do peso das raízes da cebola (*Allium cepa*). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%). Corretivo = Corretivo orgânico maturado; Galinha = Estrume de Galinha.

2.3.3. Variação dos valores de pH e Percentagem da Matéria Orgânica do solo

Na cultura de nabo, os valores de pH do solo dos tratamentos com corretivo orgânico maturado mantiveram-se estáveis entre os tratamentos e o controlo (Tabela 2.3); os valores de pH foram similares no início e no final do ensaio. Na cultura de cebola verificou-se uma ligeira descida dos valores do pH tanto no controlo como nos tratamentos, quando comparados com os obtidos no início do ensaio. No estrume de galinha verificaram-se maiores alterações dos valores do pH do solo (variação entre 7.33 e 8.90).

Tabela 2.3. Valores de pH (H₂O) no início e no final dos ensaios.

Tratamento	Valor do pH (nabo)	Valor do pH (cebola)
Antes do ensaio	7.26	7.36
Controlo	7.47	7.02
1 kg/m ² de corretivo orgânico maturado	7.46	6.92
2 kg/m ² de corretivo orgânico maturado	7.43	6.91
3 kg/m ² de corretivo orgânico maturado	7.56	7.02
5 kg/m ² de corretivo orgânico maturado	7.45	7.25
5 l/m ² de estrume de galinha	7.46	7.18
10 l/m ² de estrume de galinha	7.48	7.33
20 l/m ² de estrume de galinha	7.46	7.51
30 l/m ² de estrume de galinha	7.49	8.11
40 l/m ² de estrume de galinha	7.47	8.90

Os tratamentos com estrume de galinha apresentaram maior percentagem de matéria orgânica no nabo (Tabela 2.). Nos tratamentos com corretivo orgânico maturado os valores de matéria orgânica são crescentes em função da dose, mas este aumento é inferior quando comparado com o aumento verificado nos tratamentos com estrume de galinha. Os valores de matéria orgânica na cultura de nabo são bastante semelhantes aos calculados para a cultura de cebola.

Tabela 2.4. Percentagem de matéria orgânica obtida no final do ensaio.

Tratamento	% Matéria Orgânica (nabo)	% Matéria Orgânica (cebola)
Controlo	4.9	4.7
1 kg/m ² de corretivo orgânico maturado	5.6	5.2
2 kg/m ² de corretivo orgânico maturado	14.5	13.6
3 kg/m ² de corretivo orgânico maturado	15.0	15.5
5 kg/m ² de corretivo orgânico maturado	25.4	25.0
5 l/m ² de estrume de galinha	14.8	14.4
10 l/m ² de estrume de galinha	21.5	21.8
20 l/m ² de estrume de galinha	27.6	27.1
30 l/m ² de estrume de galinha	42.9	42.2
40 l/m ² de estrume de galinha	49.7	48.8

2.4. Discussão

2.4.1. Nabo

O peso e comprimento das plantas foram os parâmetros que responderam mais acentuadamente ao aumento de doses de estrume de galinha e corretivo orgânico maturado; o contrário aconteceu em relação ao peso e comprimento das raízes. A disponibilidade de nutrientes na superfície dos vasos pode ter contribuído para o baixo crescimento das raízes, uma vez que as raízes conseguiram absorver os nutrientes a baixa profundidade. Resultados similares foram observados anteriormente (Costa et al., 2006) com aplicação de 21 toneladas por hectare (2.1 kg/m^2) de estrume bovino e 45 toneladas por hectare (4.5 kg/m^2) de composto orgânico.

Os valores médios do pH do solo não variaram entre tratamentos, o que sugere que os dois compostos orgânicos têm o mesmo desempenho quanto à estabilização do pH do solo. Seria de esperar que o aumento da quantidade de matéria orgânica em cada tratamento fosse acompanhado por uma elevação do pH do solo, devido ao aumento da capacidade de troca catiónica do solo, originando uma retenção de cargas positivas. Este efeito foi observado em estudos anteriores (Marschner, 1986; Santos, 1996; Oliveira et al., 2009; Masarirambi et al., 2012). Estes autores observaram uma redução no rendimento das culturas devido à subida do pH do solo resultante de tratamentos efetuados com 56 toneladas por hectare de estrume de galinha.

O comportamento dos dois compostos permite inferir que eles apresentam um desempenho diferente no desenvolvimento do nabo. O estado de mineralização dos compostos pode ter influenciado os resultados da aplicação dos dois fertilizantes. Alguns estudos mostraram que o estado de mineralização dos compostos orgânicos influencia a disponibilidade de nutrientes às plantas (Vidigal et al 1997; Silva et al., 2010). A composição química de cada composto é a causa provável da diferença entre os rendimentos obtidos nos diferentes tratamentos. Observando a composição química dos dois compostos, pode constatar-se que o corretivo orgânico maturado apresenta uma maior quantidade dos macronutrientes nitrogénio, potássio e fósforo.

O elevado teor de macronutrientes essenciais no corretivo orgânico maturado justificam os altos rendimentos verificados a taxas baixas de aplicação. Resultados similares foram obtidos num estudo que visava avaliar os efeitos da aplicação de diferentes compostos orgânicos na produtividade de repolho (Nunes et al., 2007).

O baixo rendimento nas maiores doses de estrume de galinha justifica-se pela elevada quantidade de matéria orgânica aplicado ao solo. A composição química deste fertilizante apresenta baixas quantidades de nitrogénio, potássio e fósforo comparativamente com o corretivo orgânico maturado. O resultado obtido está de acordo com os resultados obtidos num estudo (Santos et al., 2001), onde se obteve um efeito quadrático (aumento de rendimento com aumento da taxa de aplicação de fertilizantes até uma taxa considerada de ótima, a partir da qual os rendimentos começam a decrescer) da aplicação de estrume de galinha na produção de vagem de feijão (*Phaseolus vulgaris*). Segundo este estudo o rendimento máximo foi obtido a uma dose de 13 toneladas por hectare, dose equivalente a 1.3 kg/m^2 . Num outro estudo (Seno et al., 1996) foram avaliados os efeitos de aplicação de fósforo e estrume de galinha na produção de alho, e foi observado um efeito quadrático, com o máximo rendimento obtido na dose intermédia de 10 toneladas por hectare (1 kg/m^2) de aplicação.

Um outro facto que justifica a diminuição do crescimento vegetativo com o aumento das taxas de aplicação do estrume de galinha é a compactação do solo causado por excesso de humidade nos vasos causado pelo temporal registado no dia 19 de Janeiro de 2013 (ciclogénese explosiva) que destruiu parcialmente a estufa. Oliveira (2009) refere que elevadas quantidades de estrume orgânico provocam a elevação do pH do solo, o que pode causar a inibição do crescimento das culturas. No entanto, no presente trabalho o pH do solo manteve-se estável em todos os tratamentos. Solos com pH alcalino estão relacionadas com uma maior propensão para a formação de amoníaco (Santos, 1996; Oliveira et al., 2009), que é fitotóxico, assim como com a redução da biodisponibilidade de fósforo e micronutrientes (Marschner, 1986; Masarirambi et al., 2012). Apesar do pH do solo não ter variado, a compactação do solo foi notória nos tratamentos com maiores doses de estrume de galinha, principalmente nos vasos de 20 l/m^2 aos 40 l/m^2 .

No corretivo orgânico maturado verificou-se um aumento do peso fresco das plantas com o aumento da dose aplicada no solo, no entanto não houve diferença entre as médias dos tratamentos feitos com 3 kg/m² e 5 kg/m² (teste de Tukey a 5%). Isso sugere que o aumento da dose de 3 para 5 kg/m² não causa efeito significativo no rendimento. Duas hipóteses podem explicar este resultado: primeiro - as plantas não tiraram proveito do aumento da quantidade de nutrientes porque a dose anterior já supria as suas exigências nutricionais, colocando as plantas na região de consumo de luxo proposta por Mitscherlich em 1949 (Gomes, 1958; Tagoe et al., 2008); segundo - o aumento da quantidade de nutrientes foi acompanhado por aumento de matéria orgânica o que terá causado problemas de compactação de solo e consequente impermeabilidade. Masarirambi (2012) refere que o uso excessivo de fertilizantes orgânicos reduz a infiltração do solo condicionado a drenagem dos mesmos. Como o ensaio foi realizado em vasos este efeito (compactação do solo) pode ter sido agravado.

2.4.2. Cebola

No estrume de galinha, verificou-se um decréscimo do rendimento da cultura a partir da taxa de aplicação de 10 l/m², o que sugere que a dose ótima para este fertilizante seja a de 5 l/m². Foi esta a dose que teve maior rendimento em todos parâmetros avaliados, com as exceção das raízes, que não são uma parte importante para calcular o rendimento da cultura.

No corretivo orgânico maturado, o rendimento máximo foi obtido com a dose de 2 kg/m² que coincide com a dose recomendada pelo fornecedor do fertilizante. Na dose de 3 kg/m² verificou-se um maior crescimento da parte aérea das cebolas, o que sugere que quantidades mais elevadas deste fertilizante induzem um maior crescimento vegetativo, no entanto, esta tendência não foi confirmada na taxa de aplicação mais elevada de 5 kg/m². Boyhan e Hill (2008), Boyhan et al., (2010) obtiverem resultados máximos com doses de até 10 toneladas por hectare, quantidade equivalente à dose de 1 kg/m².

Com a exceção das raízes, todas outras variáveis responderam da mesma forma às diferentes taxas de aplicação: ao aumento do peso da parte aérea da planta correspondeu um aumento do peso e diâmetro dos bolbos. Seria expectável uma proporcionalidade inversa entre o rendimento das plantas e o crescimento e peso das raízes, no entanto

verificou-se um crescimento excessivo das raízes. Segundo Mathers et al., (2007), o crescimento excessivo das raízes pode estar relacionado com a falta de água. A matéria orgânica compactada em vasos diminui a disponibilidade de gases e estimula o crescimento excessivo das raízes (Nwaichi et al., 2010). Para além da falta de aeração, a infecção por nematoides é um outro fator que pode provocar um crescimento excessivo das raízes (Araújo et al., 2012). No entanto, não se observaram sinais de um provável ataque por nematoides nos ensaios do presente trabalho.

Os valores do pH do solo mantiveram-se estáveis em todos os tratamentos com corretivo orgânico maturado (Tabela 2.3), mas, houve uma grande variação nos tratamentos com estrume de galinha: valor de pH de 7.18 no tratamento com 5 l/m² (tratamento que apresentou maiores rendimentos) e valor de 8.90 no tratamento com 40 l/m² (tratamento que apresentou menor rendimento). Este facto sugere uma alteração de valores de pH com o aumento de doses do estrume de galinha, o que pode ter condicionado a absorção de alguns micronutrientes e redução da biodisponibilidade de fósforo (Marschner, 1986; Masarirambi et al., 2012) para além de induzir a formação de amoníaco (Santos 1996 e Oliveira et al., 2009), que é fitotóxico.

Como foi mencionado anteriormente, o estrume de galinha é menos rico em macronutrientes, no entanto, a utilização de quantidades elevadas deste fertilizante pode inibir o desenvolvimento de certas culturas (Oliveira et al., 2009). Bagali (2012) refere que a aplicação de quantidades elevadas de estrume de galinha promove o crescimento vegetativo das plantas, mas reduz a formação do bolbo da cebola. Este autor registou rendimentos máximos dos bolbos a taxas de aplicação de 30 toneladas de estrume de galinha por hectare, quantidade superior à dose que teve maior rendimento neste trabalho.

No corretivo orgânico maturado, verificou-se um efeito quadrático no peso das plantas e o diâmetro dos bolbos, tendo sido obtido um rendimento máximo na dose de 2 kg/m² para o peso da planta e diâmetro dos bolbos. Resultados similares foram obtidos após a aplicação de estrume de galinha e de compostos orgânicos (Boyhan e Hill, 2008). No ensaio de Boyhan e Hill (2008), a dose que teve maior rendimento foi equivalente a 10 toneladas por hectare, e neste trabalho foi aproximadamente 26 toneladas por hectare de estrume de galinha. Santos et al. (2012) não observaram diferenças significativas na

produção de cebola após a aplicação de bagaço de rícinos. Os autores atribuíram como causa provável a aplicação adicional de 10 toneladas por hectare de estrume bovino e a elevada quantidade de nutrientes que o solo apresentava. Este fator pode explicar os baixos rendimentos observados em doses mais elevadas de estrume de galinha e corretivo orgânico maturado observados no presente estudo.

Boyhan e colaboradores (2010) estudaram, durante 3 anos consecutivos, os efeitos da aplicação de estrume de galinha e aplicação de nitrogénio orgânico na produção de cebola. Os resultados mostraram um rendimento crescente com o aumento de doses de estrume de galinha até à taxa de aplicação de 10 toneladas por hectare, dose a partir da qual detetaram um decréscimo de rendimento da cultura. Verificaram ainda uma redução do diâmetro dos bolbos com a aplicação adicional de nitrogénio inorgânico. Para além de tamanho e peso dos bolbos, a consistência dos mesmos é um fator a ter em conta na produção de cebola. Quantidades excessivas de nitrogénio levam ao desenvolvimento de bolbos menos consistentes e com baixa capacidade de armazenamento (Kurtz et al., 2012). Estes fatores variam não só com a fonte de nutrientes mas também com a variedade usada. Num estudo varietal (Belfort et al., 2006) em que foram avaliadas 17 variedades de cebola produzidas com as mesmas doses de fertilizante orgânico e mineral, foram obtidas diferenças significativas no rendimento da cultura em 4 das 17 variedades.

As maiores doses dos dois compostos aplicados neste trabalho não tiveram um bom rendimento apesar de mostrarem diferenças significativas com o controlo. Estes resultados contrariam os resultados obtidos noutra estudo (Mourão et al., 2011) em que se registou um maior rendimento com aplicação de 40 toneladas de composto orgânico na cultura de cebola, dose que representa o dobro da aplicação do corretivo orgânico maturado que teve maior rendimento neste trabalho. Yoldas et al. (2011) não obtiveram diferenças significativas entre 20 e 40 toneladas por hectare e repetiram o ensaio sem aplicação de fertilizante orgânico adicional observando maiores rendimentos com resíduos da dose de 20 toneladas por hectare de fertilizantes resultantes da aplicação anterior.

Não houve diferenças significativas entre os dois compostos (Teste de Tukey a 5%), nos tratamentos que tiveram melhor desempenho. Nos dois compostos o rendimento máximo foi observado com quantidades aproximadas de fertilizante orgânico. No corretivo

orgânico maturado foi a taxa de aplicação de 2 kg/m² e no estrume de galinha foi aproximadamente 2.65 kg/m² (correspondente à taxa de aplicação de 5 l/ m²). Este resultado parece sugerir que o estrume de galinha tem melhor desempenho na cultura de cebola que o corretivo orgânico maturado, uma vez que este é mais rico em nutrientes. Este facto pode estar relacionado com libertação lenta dos nutrientes no corretivo orgânico maturado. As taxas de aplicação que renderam melhor desempenho no presente estudo estão abaixo das taxas aplicadas noutros estudos (Vidigal, 2010; Mourão et al., 2011) cerca de 43 toneladas por hectare (4.3 kg/m²) de estrume de gado suíno, mas representam o dobro da dose aplicada por Boyhan e Hill (2008), que foi de 10 toneladas por hectare (1 kg/m²). Tomando em consideração os custos de aplicação por unidade de área, o corretivo orgânico maturado tem maior rendimento que o estrume de galinha.

2.5. Conclusões

O estrume da galinha foi o fertilizante orgânico que proporcionou um maior crescimento das plantas de nabo, mesmo a doses baixas. Quando aplicado corretamente, este fertilizante pode melhorar a estrutura do solo e fornecer nutrientes adequados ao desenvolvimento das plantas. No entanto, a aplicação excessiva deste fertilizante pode provocar alteração do pH do solo, com consequências nefastas para o desenvolvimento das plantas.

Na cultura de cebola, a aplicação de estrume de galinha deve ser feita a uma dose máxima de 5 l/m², e não a uma dose de 20 l/m², que é a dose recomendada pelo fornecedor comercial deste fertilizante. A taxa de aplicação de corretivo orgânico maturado que proporcionou maior rendimento da cultura de cebola foi a de 2 kg/m². Estes dois fertilizantes quando aplicados corretamente melhoram a estrutura do solo e estabilizam o seu valor de pH.

Devido aos efeitos residuais, a aplicação destes fertilizantes pode ser alternado entre culturas com ciclos relativamente curto e longo e com diferenças radiculares. Esta alternância irá proporcionar maior tempo de mineralização dos compostos e um maior aproveitamento dos nutrientes, o que poderá reduzir o custo da produção.

2.6. Referências Bibliográficas

- Araújo FF, Bragante RJ, Bragante CE (2012). Controle genético, químico e biológico De meloidoginose na cultura da soja. *Pesq. Agropec. Trop.* 42(2): 220-224.
- Araújo FF, Pereira WCG, Tiritan CS, Foloni JSS (2008). utilização de compostos orgânicos semicurados na produção da alface (*Lactuca sativa*). *Caatinga*, 21 (4):113-117.
- Ayala S, Rao P (2002). Perspectives of soil fertility management with a focus on fertilizer use for crop productivity. *Current Science* 82(7):797-807.
- Bagali AN, Patil HB, Chimmad VP, Patil PL, PATIL RV (2012). Effect of inorganics and organics on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *Karnataka J. Agric. Sci.* 25 (1): 112-115.
- Belfort G; Nakada PG, Silva DJH, Dantas GG, Santos RRH (2006). Desempenho de cultivares de cebola nos sistemas orgânico e convencional em Minas Gerais. *Horticultura Brasileira* 24: 206-209.
- Blackshaw RE, Semach G, Janzen H (2002). Fertilizer application method affects nitrogen uptake in weeds and wheat. *Weed Science.* 50(5):634-641.
- Boyhan GE, Hicks RJ, Torrance RL, Riner CM, Hill CR (2010). Evaluation of Poultry Litter and Organic Fertilizer Rate and Source for Production of Organic Short-day Onions. *Hortecology* 20(2): 304-307.
- Boyhan GE, Hill CR (2008). Organic Fertility Sources for the Production of Short-day Organic Onion Transplants. *Hortecology* 18 (2): 227-231.
- Direção Regional de Agricultura e Pesca do Centro - DRAPC (2007). Campo Experimental do Loreto disponível em: http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/geral/files/realtorio_batata_2007.pdf, Acessado em 1 de junho de 2013.
- FAO (1989). Fertilizer and Food production, FAO Fertilizer Program 1961–1986, Rome, Italy.
- Gomes, FP. (1958). A lei de Mitscherlich aplicada a experimentos de adubação com vinhaça. *An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz* [online]. vol.14-15, pp. 107-112. ISSN 0071-1276.
- Instituto Nacional de Estatística INE (2011). Estatísticas Agrícolas 2010, Instituto Nacional de Estatística, I.P. ISSN 0079-4139 Lisboa
- Isherwood KF (2000). Mineral Fertilizer Use and the Environment, International Fertilizer Industry Association Revised edition. Paris.

- Kikuchi R (1999). Application of coal ash to environmental improvement Transformation into zeolite, potassium fertilizer, and FGD absorbent, Resources. Conservation and Recycling 27:333-346.
- Kurtz C, Ernani PR, Coimbra JLM, Petry E (2012). Rendimento e Conservação de Cebola Alterados pela Dose e Parcelamento de Nitrogênio em Cobertura. Rev Bras. Ci. Solo 36:865-875.
- Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: Potafôs. 231-305.
- Maltas A, Charles R, Jeangros B, Sinaj C (2013). Effect of organic fertilizers and reduced-tillage on soil properties, crop nitrogen response and crop yield: Result of 12-year experiment in Changins, Switzerland. Soil & Tillage Research 126: 11-18.
- Marschner H (1986). Mineral nutrition in higher plants. Academic Press-Hacourt Brace Jovanovich Publishers, Londres.
- Masarirambi MT, Dlamini PP, Wahome K, Oseni TO (2012). Effects of Chicken Manure on Growth, Yield and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) ‘Taina’ Under a Lath House in a Semi-Arid Sub-Tropical Environment. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 12 (3): 399-406.
- Mathers HM, Lowe SB, Scage C, Struve DK, Cases LT (2007). Abiotic Factors Influencing Root Growth of Woody Nursery Plants in Containers. Hortechonology 17 (2): 151-162.
- Moretti CL (2003). Boas práticas agrícolas para a produção de hortaliças. Horticultura Brasileira 21(2).
- Mourão I, Brito LM, Coutinho J (2011). Compost rate and application timing effects on organic onion crop. Revista de ciências agrárias. 34(2): 106-116.
- Nunes MUC, Cunha AO, Carvalho LM (2007). Efeitos de fontes alternativas de adubos orgânicos na produtividade de repolho x coentro em sistema ecológico de produção. Rev. Bras. Agroecologia 2 (1):1234-1237.
- Nwaichi EO, Onyeike EN, Wegwu MO (2010). Comparison of Chicken Manure and Urea Fertilizers as Potential Soil Amendments for Enhanced Phytoextraction of Heavy Metals. Bioremediation Journal 14 (4):180-188.
- Oliveira J, Vasconcelos C, Costa M, Cunha M, Leandro E, Russo M (2009). Quality evaluation of organic composts commercialized in the region of Entre Douro e Minho. Revista de ciências agrárias 285-297.
- Parry ML, Rosenzweig C, Iglesias A, Livermore M, Fischer G (2004). Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios Global Environmental Change 14:53–67.

- Panwara NL, Kaushika SC, Kotharib S (2011). Solar greenhouse an option for renewable and sustainable farming. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15: 3934–3945.
- Pillai M (2013). Advantages and Disadvantages of Intensive Farming. Disponível em: <http://www.buzzle.com/articles/advantages-and-disadvantages-for-intensive-farming.html>. acessado em 21 de Março de 2013.
- Raun WR, Solie JB, Johnson GV, Stone ML, Mullen RW, Freeman KW, Thomason WE, Lukina EV (2002). Improving Nitrogen Use Efficiency in Cereal Grain Production with Optical Sensing and Variable Rate Application *Agron. Jornal.* 94:815–820.
- Robinson RA, Sutherland WJ (2002). Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39:157–176.
- Santos GM, Oliveira AP, Silva JAL, Alves EU, Costa CC (2001). Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 19(1), 30 - 35.
- Santos JQ (1996). Fertilização – Fundamentos da Utilização dos Adubos e Correctivos. Publicações Europa-America, Mem Martins, Portugal.
- Santos SS, Espíndola JAA, Guerra JGM, Leal MAA, Ribeiro RLD (2012). Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. *Horticultura Brasileira* 30: 549-552.
- Seno S, Saliba GG, Paula FJ (1996). Efeito de doses de fósforo e esterco de galinha na produção do alho (*Allium Sativul L*). *Científica*, São Paulo, v. 24(1), 127 - 133.
- Sheldrick WF, Syers JK, Lingard J (2002). A conceptual model for conducting nutrient audits at national, regional, and global scales. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 62:61– 72.
- Silva FAM, Bôas RLV, Silva RB (2010). Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos, Maringá 32 (1), 131-137.
- Tagoe SO, Horiuchi T, Matsui T (2008). Effects of carbonized and dried chicken manures on the growth, yield, and N content of soybean. *Plant Soil* 306:211 –220.
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418:671-677.
- Vidigal SM, Sediya MAN, Pedrosa MW, Santos MR (2010). Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. *Horticultura Brasileira* 28: 168-173.

- Vidigal SM, Sedyama MAN, Garcia NCP, Matos AT (1997). Produção de alface cultivada com diferentes compostos orgânicos e dejetos suínos. *Horticultura Brasileira*, 15 (1):35-39.
- Yoldas F, Ceylan S, Mordogan N, Esetlili BC (2011). Effect of organic and inorganic fertilizers on yield and mineral content of onion (*Allium cepa* L.). *African Journal of Biotechnology* 10 (55):11488-11492.
- Zar JH (1999). *Bioestatistical Analysis*. 4th Edition, Prentice Hall, USA.

3. Avaliação da aplicação de fertilizantes orgânicos na produtividade de culturas de nabo (*Brassica rapa* L.) e cebola (*Allium cepa* L.) numa estufa

Resumo

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o desempenho de dois compostos orgânicos de origem diferente (estrume de galinha e corretivo orgânico maturado) no rendimento de duas culturas de hortícolas (cebola e nabo) produzidas em estufas. As estufas, localizadas no Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto, em Coimbra, Portugal, pertencem à Direção Regional de Agricultura e Pesca do Centro. O rendimento máximo nas duas culturas foi obtido nos tratamentos onde foi aplicado corretivo orgânico maturado. Porém, o diâmetro dos bolbos da cebola, parte comercial desta cultura, não apresentou diferenças significativas entre os dois fertilizantes.

3.1. Introdução

Estufas agrícolas são estruturas condicionadas que garantem ambiente satisfatório para o crescimento e produção das plantas ao longo de todo o período do ano (Oliveira et al., 1995; Beltrão et al., 2002). Estas estruturas mantêm a luz, temperatura e humidade do ar a níveis ótimos (Beltrão et al., 2002). A sua projeção e construção devem permitir a entrada da radiação visível (luz do dia), que é um dos fatores essencial para o crescimento das plantas (von Elsner et al., 2000a).

Em culturas específicas, ou em regiões onde a radiação solar incidente é maior e prejudicial às culturas em estufas, estas devem possuir estruturas de ensombramento, para proteger as plantas (von Elsner et al., 2000b). Para além dos fatores climáticos, as estufas reduzem o risco do ataque de pragas e microrganismo patológicos que causam danos às plantas (Beltrão et al., 2002).

A proteção física das culturas é a principal alternativa para produzir hortícolas fora da época agrícola, reduzindo a sazonalidade e os efeitos negativos de adversidades climáticas na produção (Manrique, 1993). Entre as vantagens atribuídas às estufas contam-se o efeito de barreira física imposta pela cobertura plástica (Ortega-Farías et al., 2004). A possibilidade de abertura e fecho das estruturas, cria um microclima (Zhang et al., 2010) no qual a radiação solar, a velocidade do vento, a temperatura e a humidade relativa do ar são mantidas a um nível ótimo para cada cultura (Pivetta et al., 2011).

O microclima criado no interior das estufas implica que o desenvolvimento e o manejo das culturas no exterior destes ambientes apresentam diferenças em relação ao que acontece nas estufas (Orgaz et al., 2005). Consequentemente, os parâmetros determinados para as mesmas espécies em ambientes expostos às condições meteorológicas naturais (culturas ao ar livre), passam a não ser adequados às culturas em estufas (Pivetta et al., 2011). Isto é especialmente importante quanto ao suprimento de água de rega, que é alterado em função da evapotranspiração (Farias et al., 1994; Martins et al., 1999, Rezende et al., 2004).

O material empregue na construção de estufas deve fornecer máxima transmitância da radiação solar, combinada com a necessidade de aquecimento mínimo nas épocas mais frias do ano (Beltrão et al., 2002). Em caso de aquecimento acima da temperatura ótima das culturas em estufas, devem ser garantidas condições de ventilação ou arrefecimento naturais ou artificial (von Elsner et al., 2000b). Assim uma estufa bem projetada garante máxima insolação, boa ventilação e ótima humidade relativa do ar para o crescimento das plantas (von Elsner et al., 2000a).

A nível mundial existem mais de 300 000 hectares de áreas agrícolas cobertas por estufas. A maior parte destas estão localizadas nos países com baixas temperaturas como o Japão, Holanda, Reino Unido, Estados Unidos da América e Europa do Leste (Beltrão et al., 2002; Panwara et al., 2011). Em Portugal estima-se que existam pouco mais de 4930 hectares de áreas agrícolas cobertas por estufas (von Elsner et al., 2000a). No geral, estas estufas são usadas para produção de hortícolas, floricultura e em instituições de investigação agrícola (Meneses e Monteiro, 1993).

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o desempenho de dois compostos orgânicos de origem diferente (estrume de galinha e corretivo orgânico maturado) em duas culturas produzidas em estufas. As duas espécies selecionadas foram *Allium cepa* L. (cebola), variedade ‘Top Star’ e *Brassica rapa* L. (nabo), variedade ‘São Cosme’.

3.2. Metodologia

3.2.1. Localização do estudo

As estufas estão localizadas no Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto, em Coimbra, Portugal, pertencente à Direção Regional de Agricultura e Pesca do Centro (DRAPC). A área de estudo possui solos aluvionares profundos, com relativamente boa drenagem, com baixos níveis de matéria orgânica (Tabela 3.1). As estufas (Figura 3.1) são cobertas com plástico (com aberturas laterais para arejamento), tendo 40 metros de comprimento e 10 metros de largura (área total de 400 m²). O sistema de irrigação no interior de cada estufa consiste num dispositivo de pulverização situada no topo da estufa, o que permite uma irrigação por aspersão.

O trabalho foi realizado no período entre Novembro de 2012 a fevereiro de 2013 para a cultura de nabo e Novembro de 2012 a Abril de 2013 para a cultura de cebola.

Tabela 3.1. Principais características do solo agrícola da DRAPC

Parâmetro	Valor
Textura	Média
pH (H ₂ O)	7.26 -7.36
Matéria Orgânica	4.7-4.9%
Nitrogénio	0.108%
Fósforo	≥ 200 ppm
Potássio	158 ppm
Manganês	116 ppm

Fonte: DRAPC (2007)



Figura 3.1. Estufa usada para o ensaio com cebola.

3.2.2. Caracterização físico-químico dos fertilizantes orgânicos usados

3.2.2.1. Estrume de galinha

Fertilizante natural produzido à base de estrume de galinha, de textura média e com alto teor de matéria orgânica (Tabela 3.2). Foi concebido para incorporação no solo e/ou em substratos, sendo recomendado para repor os níveis de matéria orgânica no solo e para obter condições favoráveis a germinação de sementes e desenvolvimento de plantas.

Tabela 3.2. Composição do estrume de galinha (dados do rótulo da embalagem).

Parâmetro	Valor
pH (H ₂ O)	7.0-8.0
Matéria orgânica	50-60%
Humidade	≥70 %
Nitrogénio (N)	400-1200 mg/l (≈ 0.7 – 2.3 g/kg)
Fósforo (P ₂ O ₅)	700-1000 mg/l (≈ 1.3 – 1.9 g/kg)
Potássio (K ₂ O)	1000-1300 mg/l (≈ 1.9 – 2.5 g/kg)

3.2.2.2. Corretivo orgânico maturado

Fertilizante produzido à base de matéria orgânica vegetal (50%), matéria orgânica de origem animal (25%) e turfa (25%) (Tabela 3.3). Quando aplicado no solo contribui para o reforço dos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes no solo, em virtude de estimular a atividade microbiana no solo, aumenta os valores de pH e cálcio no solo. É rico em macronutrientes como nitrogénio, potássio, fósforo, magnésio, e enxofre, e em micronutrientes como boro, ferro, manganês, zinco e cobre.

Tabela 3.3. Composição do corretivo orgânico maturado (dados do rótulo da embalagem).

Parâmetro	Valor
pH	8.4
Humidade	57.6%
Matéria Orgânica	47-55%
Nitrogénio (N)	1.9-2.2% (\approx 19-22 g/kg)
Fósforo (P ₂ O ₅)	1-1.25% (\approx 10-12.5 g/kg)
Potássio (K ₂ O)	3-3.5% (\approx 30-35 g/kg)
Cálcio (Ca)	5.5-6.5% (\approx 55-65 g/kg)
Magnésio (Mg)	0.6-0.7% (\approx 6-7 g/kg)
Enxofre	3.1-3.6% (\approx 31-36 g/kg)
Boro	30.6 mg/kg
Cadmio	0.8 mg/kg
Cobre	33.9 mg/kg
Crómio	3.7 mg/kg
Níquel	5.1 mg/kg
Chumbo	6.3 mg/kg
Zinco	230 mg/kg

3.2.3. Desenho Experimental

Os ensaios de cada cultura foram montados em duas estufas diferentes, obedecendo, no entanto, ao mesmo esquema experimental (Figura 3.2).

Os ensaios consistiram num esquema de blocos completamente casualizados com três tratamentos (Figura 3.2), tendo cada tratamento quatro repetições (réplicas). Cada bloco composto por parcelas de 7.5 m² (2.5 m x 3m) separadas por uma distância de 1.5 metros, sendo a distância entre blocos de 2 metro. Foram realizados os seguintes tratamentos: T0 - controlo, T1-corretivo orgânico maturado (2 kg/m²) e T2-estrupe de galinha (20 l/m²). A quantidade de fertilizantes para cada tratamento foi calculada tendo em conta a quantidade recomendada pelo fabricante por hectare, convertendo essa medida para a área de cada parcela. As doses de fertilizante foram incorporadas no solo por um trator até uma profundidade de 20 cm e de seguida fez-se a sementeira do nabo, variedade ‘São Cosme’, num compasso de 30 x 15 cm. O transplante de mudas de cebola, variedade ‘Top Star’, foi feito com um compasso de 30 x 20 cm.

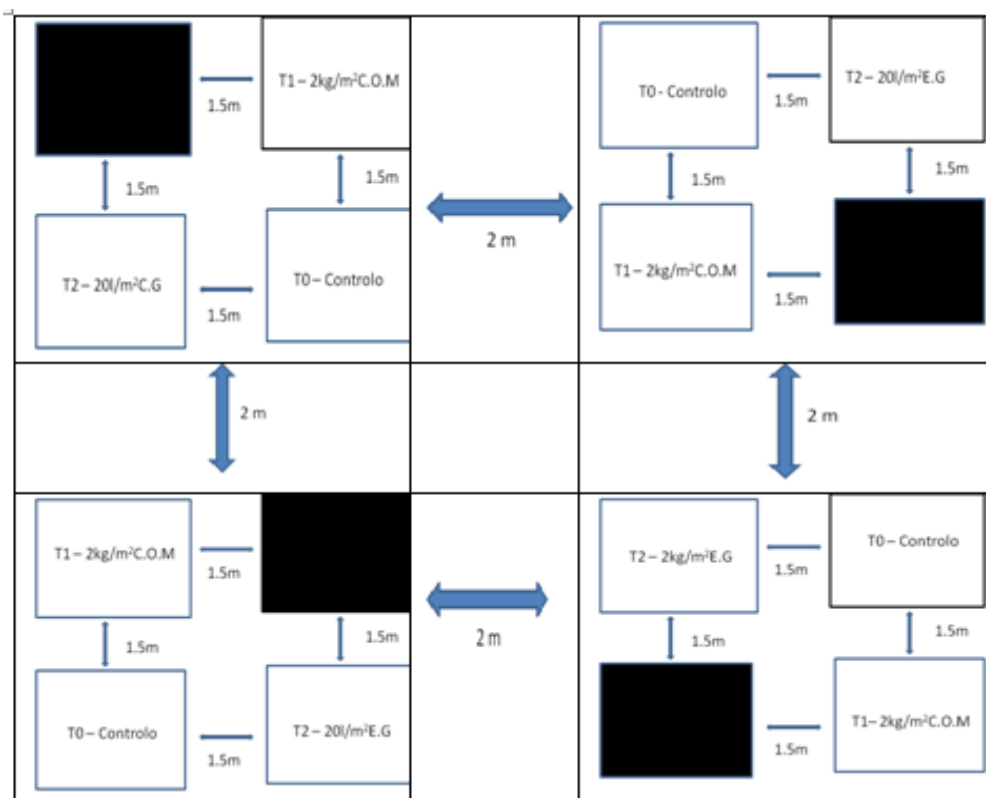
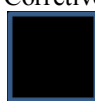


Figura 3.2. Esquema do desenho experimental utilizados no ensaio das duas culturas. C.O.M. representa Corretivo Orgânico Maturado; E.G representa Estrume de Galinha.

 = Bloco sem tratamento.

3.2.4. Parâmetros avaliados e Análise estatística

Na cultura de nabo foi avaliado o rendimento total da cultura por metro quadrado, posteriormente convertendo o rendimento a toneladas por hectare. Fez-se a colheita dos grelos do nabo e procedeu-se à pesagem de todos os tratamentos. Na cultura de cebola foram avaliados o peso fresco das plantas por metro quadrado, o peso dos bulbos da cebola por metro quadrado e o diâmetro médio dos bulbos, para cada tratamento. Os valores do peso fresco da planta e do bulbo foram convertidos para a unidade convencional de tonelada por hectare.

Os dados obtidos nos diferentes tratamentos foram comparados usando uma análise de variância de uma via (ANOVA). De seguida realizou-se um teste *post-hoc* de Dunnett, com um nível de significância de 5 %, para comparar as médias dos tratamentos com aplicação de fertilizantes e os tratamentos sem aplicação de fertilizante (controle) e o

teste de Tukey, com um nível de significância de 5%, para comparar os tratamentos entre si. Para as diferentes análises estatísticas usou-se o pacote de *software* STATISTICA 7.0.

2.2.5. Análise Financeira

O custo de estrume de galinha é 4.2 € (saco de 70 litros), o que equivale a 0.06 € por litro de estrume de galinha. O custo de corretivo orgânico maturado é 5.0 € (saco de 50 kg) o que corresponde a 0.1 € por cada kg de corretivo orgânico maturado. A estes valores foi multiplicado a dose de aplicação por hectare de cada fertilizante para determinar o custo de aplicação. Para o cálculo do rendimento monetário de cada tratamento (corretivo orgânico maturado e estrume de galinha) foram usados os valores do peso do grelo e do bolbo da cebola em tonelada por hectare. De seguida, multiplicaram-se estes valores pelo preço de venda de cada produto ao público na DRAPC (1 €/kg para o grelo de nabo e 0.9 €/kg para a cebola). A diferença entre o rendimento monetário e o custo de produção foi considerado de lucro.

Não foram incluídos outros custos de produção envolvidos tais como: mão-de-obra, lavoura, água e eletricidade, mas estes custos são independentes do tipo de fertilizante aplicado, e por isso não foram considerados na análise financeira realizada.

3.3. Resultados

3.3.1. Nabo

A análise de variância mostrou diferenças significativas entre os tratamentos (toneladas por hectare). O corretivo orgânico maturado foi o tratamento que mostrou maior desempenho, com um rendimento médio significativamente superior ao do controle e estrume de galinha. O estrume de galinha teve rendimento significativamente inferior ao rendimento obtido no controle (Figura 3.3).

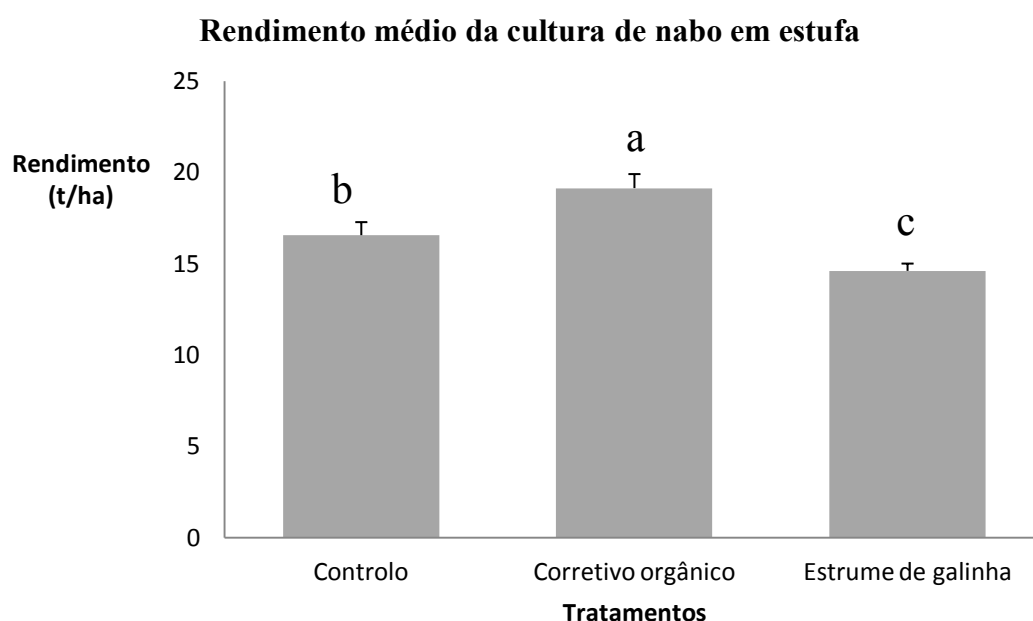


Figura 3.3. Média do rendimento comercial da cultura calculado para os diferentes tratamentos (com desvio padrão). Médias seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes. (Teste de Tukey com nível de significância de 5%).

3.3.2 Cebola

A análise de variância mostrou diferenças significativas em relação ao controle em todos os parâmetros avaliados. O corretivo orgânico maturado apresentou maior peso total das plantas, seguido de estrume de galinha (Figura 3.4). Os dois tratamentos foram estatisticamente diferentes do controle.

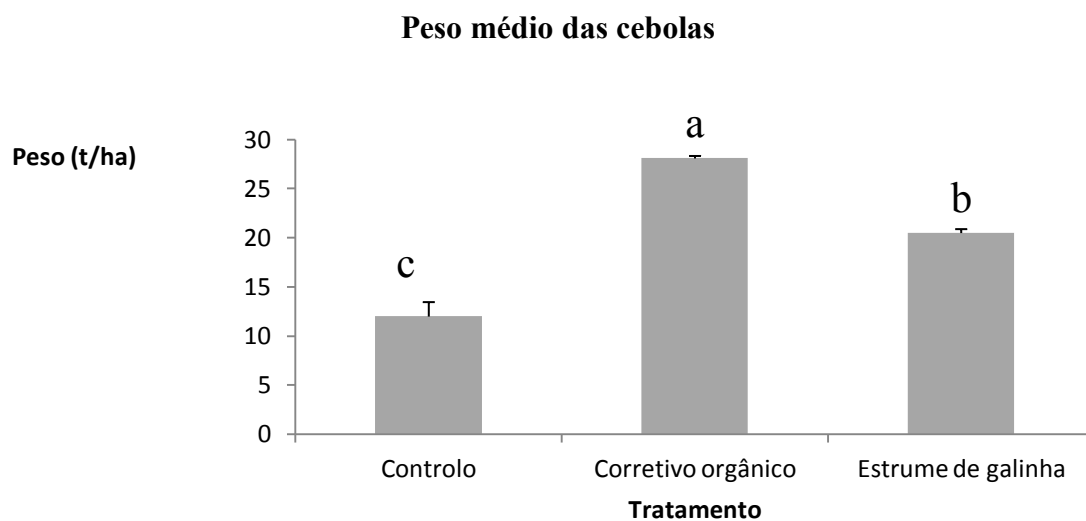


Figura 3.4. Média do peso fresco das plantas calculados para os diferentes tratamentos (com desvio padrão). Médias seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes. (Teste de Tukey com nível de significância de 5%).

O peso dos bulbos, que representam a parte da planta com importância comercial, foi significativamente maior no tratamento com corretivo orgânico maturado (Figura 3.5). No tratamento com estrume de galinha o peso do bulbo representou quase metade do peso total da planta.

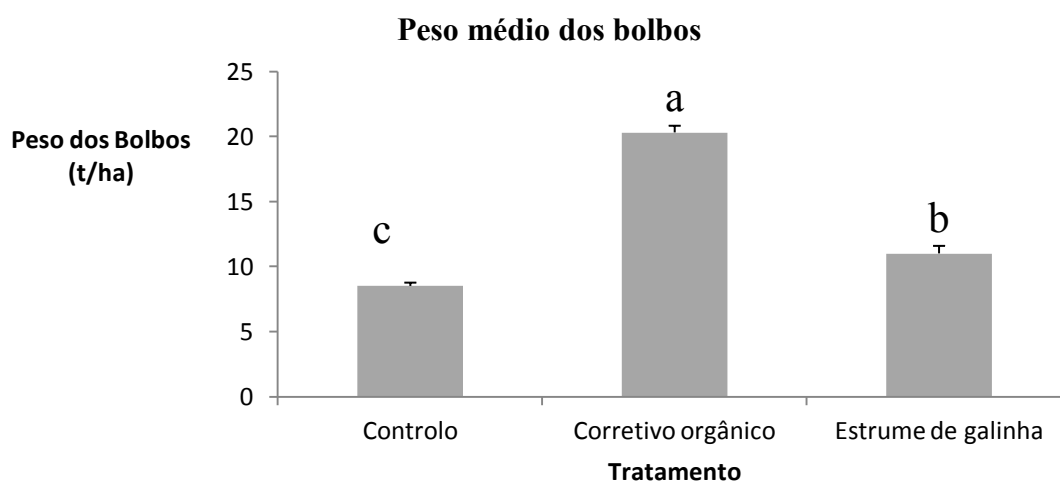


Figura 3.5. Média do peso do bulbo da cebola calculados para os diferentes tratamentos (com desvio padrão). (Médias seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%).

Observaram-se diferenças significativas entre o diâmetro dos bulbos nos dois tratamentos em relação ao controle. No entanto, não se registaram diferenças significativas entre os dois tratamentos (Figura 3.6).

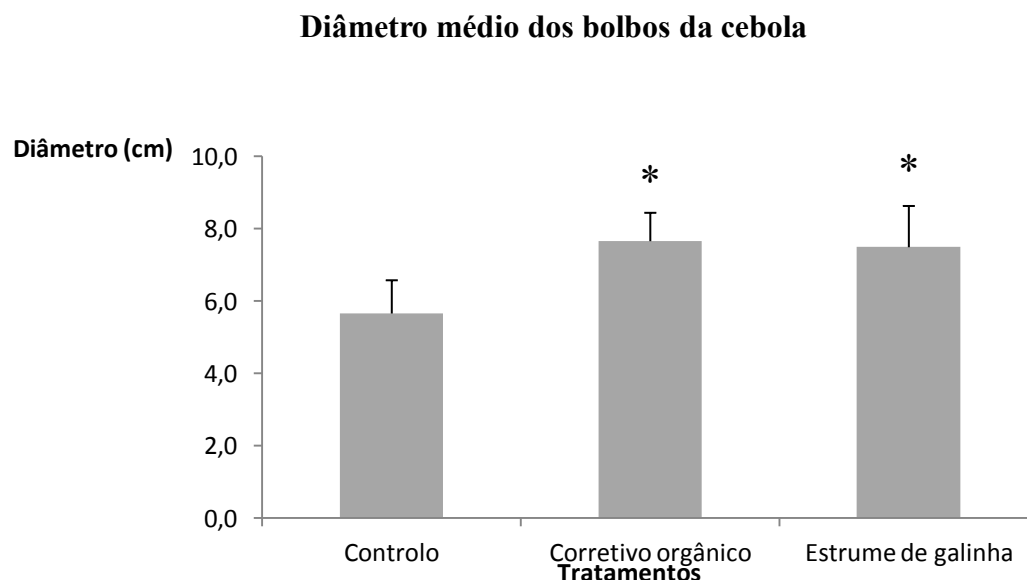


Figura 3.6. Média do diâmetro dos bulbos das cebolas calculados para os diferentes tratamentos (com desvio padrão). (*) Indica diferenças estatísticas (Teste de Dunnett com nível de significância de 5%).

3.3.3. Análise Financeira

Os valores da análise financeira estão apresentados na Tabela 3.4 e Tabela 3.5. O estrume de galinha na dose aplicada nas estufas, de acordo com a quantidade recomendada pelo fornecedor, apresenta prejuízos na cultura de cebola. Na cultura de nabo o rendimento foi igual nas parcelas com e sem aplicação de corretivo orgânico maturado.

Tabela 3.4. Análise financeira da cultura de nabo em estufa

Tratamento	Custo (€/ha)	Rendimento (t/ha)	Receita (€/ha)	Lucro (€/ha)
Controlo	0	16.7	16710	16710
Corretivo Orgânico	2000	19.1	19130	17130
Estrume de Galinha	12000	14.6	14600	2600

Tabela 3.5. Análise financeira da cultura de cebola

Tratamento	Custo (€/ha)	Rendimento (t/ha)	Receita (€/ha)	Lucro (€/ha)
Controlo	0	8.3	7650	7650
Corretivo Orgânico	2000	20.3	18270	16270
Estrume de Galinha	12000	11	7200	-4800

3.4. Discussão

3.4.1. Nabo

O corretivo orgânico maturado mostrou um melhor desempenho que o estrume de galinha no rendimento da cultura de nabo. O facto de a taxa de aplicação utilizada de 2 kg/m² (20 toneladas por hectare) corresponder a menos de 20% da taxa de aplicação de 20 l/m² estrume de galinha (106 toneladas por hectare) pode ter provocado uma maior atividade biológica do solo, que por sua vez proporcionou maior rendimento da cultura. É reconhecido que a aplicação de quantidades elevadas de fertilizantes orgânicos pode alterar o pH do solo, bem como causar a formação de uma crosta superficial do solo (Ahmad et al., 2007; Rodrigues et al., 2011). Estes fatores que podem interferir no desenvolvimento da cultura, uma vez que a formação de uma crosta superficial no solo reduz a infiltração da água e circulação de ar. Estudos anteriores apontaram que a aplicação de quantidades elevadas de matéria orgânica (superiores a 60 toneladas por hectare de estrumes orgânicos), provocam uma subida do valor de pH do solo (Santos 1996; Oliveira et al., 2009). Um estudo recente confirmou a redução do rendimento de uma cultura de alface devido à subida do pH do solo, e consequentemente aumento da concentração de amoníaco (forma de nitrogénio que é tóxica para as plantas) bem como a redução da biodisponibilidade do fósforo e outros micronutrientes (Masarirambi et al., 2012).

O corretivo orgânico maturado tem maiores quantidades de nitrogénio que o estrume de galinha, o que justifica o maior rendimento obtido com aplicação deste fertilizante orgânico. O nitrogénio é um elemento que promove o crescimento vegetativo nas plantas, sendo facilmente translocado para as flores e frutos (Mattson et al., 2008, Oliveira et al., 2013), mas em excesso promove o crescimento vegetativo da planta reduzindo a floração e frutificação das plantas (Oliveira et al., 2013).

As parcelas no controlo apresentaram um maior rendimento do que as parcelas onde foi aplicado o estrume de galinha. Uma das razões para este resultado pode estar relacionada com os efeitos da aplicação de quantidades elevadas deste fertilizante (106 toneladas por hectare) o que terá criado condições desfavoráveis para o desenvolvimento das plantas, como subida do pH do solo e a redução da biodisponibilidade do fósforo. Estes fatores foram observados em vários estudos (Santos 1996; Oliveira et al., 2009;

Masarirambi et al., 2012). Os nutrientes disponibilizados por este fertilizante (estrupe de galinha) poderão ser aproveitados na cultura subsequente, na forma de resíduos. Vidigal et al. (1995a; 1995b) e Jasse et al. (2010) constataram a existência de efeitos residuais de um composto orgânico mesmo após três cultivos sucessivos de alface. Muller et al. (2011) e Abaas et al. (2012) constataram a variação da disponibilidade vertical de nutrientes em campanhas sucessivas, e concluíram que as plantas com raízes longas e profundas absorvem nutrientes aplicados em campanhas anteriores. Outro estudo concluiu que a adubação orgânica sucessiva garante a fertilidade natural do solo por vários anos (Muller et al., 2011).

O aumento da produtividade devido à aplicação de fertilizantes orgânicos, embora estes tenham uma libertação de nutrientes mais lenta do que os fertilizantes químicos, apresenta maior duração, provavelmente pela libertação gradual dos nutrientes e pelo estímulo ao crescimento radicular (Jasse et al., 2010). O composto orgânico não apenas suprime as necessidades nutricionais das plantas mas também contribui para manter a fertilidade natural, o que envolve os ciclos biológicos dos nutrientes nas terras cultivadas, prevenindo a sua exaustão (Smith e Hadley, 1989; Jasse et al., 2010). Os resultados deste estudo podem ter sido influenciados pelo temporal registrado no dia 19 de Janeiro de 2013 (ciclogénese explosiva) que destruiu parcialmente a estufa, deixando a cultura exposta a fatores ambientais adversos.

3.4.2. Cebola

O corretivo orgânico maturado apresentou um maior rendimento para o peso total da planta e peso dos bolbos, sendo que o estrupe de galinha apresentou uma maior quantidade de matéria orgânica não comercial (folhas). O maior tamanho e menor peso dos bolbos da cebola do tratamento com estrupe de galinha pode ser consequência da elevada quantidade de matéria orgânica aplicada neste tratamento (perto de 106 toneladas por hectare). A aplicação de estrupe de galinha nas doses recomendadas pelo fornecedor mostrou não ser viável economicamente. O rendimento da cultura não compensa o investimento por este fertilizante, chegando a dar prejuízos aos agricultores.

O diâmetro dos bulbos foi idêntico nos dois tratamentos. Uma vez que nos dois tratamentos foi usado o mesmo compasso, ambos produziram o mesmo número de bulbos, tendo estes diâmetros semelhantes, mas pesos diferentes. A diferença de pesos dos bulbos com o mesmo diâmetro sugere uma menor consistência das cebolas do tratamento com estrume de galinha, o que irá reduzir a sua capacidade de armazenamento. A diferença entre o peso total e o peso dos bulbos no tratamento com estrume de galinha é cerca de metade, o que mostra uma maior produção de quantidade de matéria foliar que não foi encaminhada para os bulbos.

Nesta cultura o nitrogénio deve ser aplicado de uma forma controlada, evitando-se excessos, que podem ser prejudiciais para o crescimento da cultura. O excesso de nitrogénio prolonga o ciclo da cultura, levando a um desenvolvimento exagerado da parte aérea (Lee, 2010), prejudicando a formação e conservação dos bulbos (Khang et al., 2011). Este excesso de nitrogénio favorece também o florescimento precoce, especialmente sob baixas temperaturas e excesso de água no solo. Geralmente a exigência de nitrogénio na cultura de cebola varia entre 100 a 150 kg por hectare, dependendo dos solos e climas (Fageria, 2001), neste trabalho o corretivo orgânico maturado forneceu 400 kg por hectare e o estrume de galinha 240 kg por hectare de nitrogénio.

A produtividade máxima de bulbos comercializáveis foi de 20.3 toneladas por hectare, na aplicação de 20 toneladas por hectare de corretivo orgânico maturado. O cultivo orgânico de cebola foi eficiente na produção de bulbos de qualidade, uma vez que não foram recolhidos bulbos não comercializáveis. Estes rendimentos são inferiores aos obtidos noutro estudo, onde foi obtido um rendimento de 60.3 toneladas por hectare após a aplicação de 43.4 toneladas de composto orgânico (Vidigal et al., 2010), mas foi superior aos obtidos em outros estudos como o de Yoldas et al. (2011) onde se obteve 36.7 toneladas por hectare com aplicação de 60 toneladas por hectare de composto orgânico e 31.7 toneladas por hectare. Seran et al. (2010) obteve apenas 5 toneladas de cebola por hectare, com aplicação de 8 toneladas por hectare de um composto orgânico.

Quantidades excessivas de matéria orgânica no solo têm mineralização lenta, podendo afetar disponibilidade de nutrientes as plantas e elevar o pH do solo, devido à existência de quantidades elevadas de amónia no solo. As doses dos dois fertilizantes

aplicados neste estudo poderão ser aproveitadas pelas culturas subsequentes, uma vez que uma boa parte dos nutrientes parece não terem sido absorvidos pelas plantas. Aisha et al. (2007) obteve aumento do rendimento da cebola em 17% com resíduos de fertilizantes orgânicos da aplicação da campanha anterior.

A composição do estrume de galinha apresenta menores quantidades de nutrientes que o corretivo orgânico maturado, principalmente nitrogénio, potássio e fósforo. Aplicação de 106 toneladas por hectare deste fertilizante orgânico pode ter condicionado rendimentos baixos da cebola, principalmente no peso dos bolbos, como foi constatado em outros estudos (Oliveira et al., 2009; Kurtz e Ernani, 2010), referindo-se a elevação do pH do solo por aplicação de quantidades elevadas de estrume orgânico. Bagali et al. (2012) relataram que a aplicação de quantidades elevadas de estrume de galinha promove o crescimento vegetativo das plantas, mas reduzem a formação do bolbo da cebola, o que pode ter ocorrido no presente estudo. Este autor obteve rendimentos máximos com aplicação de 30 toneladas de estrume de galinha, que é uma quantidade muito menor quando comparada com as 106 toneladas por hectare aplicadas neste trabalho.

Um estudo publicado por Boyhan e colaboradores em 2010 mostrou que aplicação de estrume de galinha e nitrogénio inorgânico em 3 anos consecutivos resultou num aumento do rendimento com o aumento de doses de estrume de galinha até uma dose de 10 toneladas por hectare, seguido de um decréscimo de rendimento com aplicação de doses superiores a 10 toneladas por hectare. O mesmo estudo observou a redução do diâmetro dos bolbos com a aplicação adicional de nitrogénio inorgânico. O excesso de nitrogénio na cultura de cebola afeta para além do tamanho e peso dos bolbos, a consistência e o tempo de armazenamento dos bolbos. A consistência dos bolbos não foi avaliada neste trabalho, mas analisando o baixo peso dos bolbos no tratamento com estrume de galinha pode concluir-se que tiveram menor consistência, como foi constatado em um estudo anterior que avaliou o rendimento e conservação da cebola produzido com aplicação de diferentes taxas de fertilizantes orgânicos (Kurtz et al., 2012).

3.5. Conclusão

O corretivo orgânico maturado foi o fertilizante que proporcionou maior rendimento nas duas culturas. A dose recomendada pelo fornecedor (20 toneladas por hectare) mostrou ser eficaz para as duas culturas.

O estrume de galinha, nas doses aplicadas no presente estudo, não proporcionou um bom rendimento das culturas, tendo levado mesmo ao prejuízo financeiro na cultura de cebola.

Devido aos efeitos residuais, a aplicação deste fertilizante pode ser alternado entre culturas com ciclos relativamente curto e longo e com diferenças radiculares. Esta alternância irá proporcionar maior tempo de mineralização dos compostos e um maior aproveitamento dos nutrientes, o que poderá reduzir o custo da produção.

3.6. Referências Bibliográficas

- Abaas E, Hil PW, Roberts P, Murphy DV, Jones DL (2012). Microbial activity differentially regulates the vertical mobility of nitrogen compounds in soil. *Soil. Biology & Biochemistry* 53: 120-123.
- Ahmad N, Hassan FUL, Qadir G (2007). Effect of Subsurface Soil Compaction and Improvement Measures on Soil Properties. *International journal of agriculture & biology* 9 (3): 509–513.
- Aisha AH, Rizk FA, Shaheen AM, Abdel-Mouty MM (2007). Onion Plant Growth, Bulbs Yield and its Physical and Chemical Properties as Affected by Organic and Natural Fertilization. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 3(5): 380-388.
- Bagali AN, Patil HB, Chimmad VP, Patil PL, PATIL RV (2012). Effect of inorganics and organics on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *Karnataka J. Agric. Sci.* 25 (1): 112-115.
- Belfort G; Nakada PG, Silva DJH, Dantas GG, Santos RRH (2006). Desempenho de cultivares de cebola nos sistemas orgânico e convencional em Minas Gerais. *Horticultura Brasileira* 24: 206-209.
- Beltrão NEM, Fideles Filho J, Figueiredo ICM. (2002). Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 6(3):547-552.
- Boyhan GE, Hicks RJ, Torrance RL, Riner CM, Hill CR (2010). Evaluation of Poultry Litter and Organic Fertilizer Rate and Source for Production of Organic Short-day Onions. *Hortecology* 20 (2): 304-307.
- Braida J A, Reichert JM, Reinert DJ, Veiga M (2010). Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14 (2):131– 139.
- Direção Regional de Agricultura e Pesca do Centro - DRAPC (2007). Campo Experimental do Loreto disponível em: http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/geral/files/reatorio_batata_2007.pdf, Acessado em 1 de junho de 2013.
- Fageria VD (2001). Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24(8):1269-1290.
- Farias JRB, Bergamaschi H, Martins SR (1994). Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 2:17-22.
- Instituto Nacional de Estatística INE (2011). Estatísticas Agrícolas 2010, Instituto Nacional de Estatística, I.P. ISSN 0079-4139 Lisboa.

- Jasse MEC, Souza RB, Resende FV, Grossi AC, Silva PS, Silva GPP, Perin JE (2010). Efeito residual da adubação com compostos orgânicos enriquecidos em nutrientes e com diferentes graus de decomposição no cultivo da alface em sistema orgânico. *Horticultura Brasileira* 28: 2942-2947.
- Khang VT, Patil HM, Gudedhe NN (2011). Effect of integrated nutrient management on onion yield and soil properties in soybean - onion cropping sequence. *Omonrice* 18: 112-120.
- Kurtz C, Ernani PR, Coimbra JLM, Petry E (2012). Rendimento e Conservação de Cebola Alterados pela Dose e Parcelamento de Nitrogênio em Cobertura. *Rev Bras. Ci. Solo* 36:865-875.
- Lee J (2010). Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Scientia Horticulturae* 124:299–305
- Manrique LA (1993). Greenhouse crops: a reviews. *Journal of Plant Nutrition* 16: 2411-2477.
- Marschner, H (1986). Mineral nutrition in higher plants. Academic Press – Hacourt Brace Jovanovich Publishers, Londres.
- Martins SR, Fernandes HS, Assis FN, Mendez MEG (1999). Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. *Informe Agropecuário* 20:15-23.
- Masarirambi MT, Dlamini PP, Wahome K, Oseni TO (2012). Effects of Chicken Manure on Growth, Yield and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) ‘Taina’ Under a Lath House in a Semi-Arid Sub-Tropical Environment. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12 (3): 399-406
- Mattson NS, Lieth JH, Kim WS (2008). Temporal dynamics of nutrient and carbohydrate distribution during crop cycles of Rosa spp. ‘Kardinal’ in response to light availability. *Scientia Horticulturae* 118:246–254.
- Meneses JF, Monteiro AA (1993). Greenhouses and protected crops in Portugal: some constraints and problems. *Proceedings of Workshop on Environmentally Sound Water Management of Protected Agriculture under Mediterranean and Arid Climates*. Bari (source area greenhouses in Portugal).
- Muller C, Laughlin R J, Christie P, Watson CJ (2011). Effects of repeated fertilizer and cattle slurry applications over 38 years on N dynamics in a temperate grassland soil. *Soil Biology & Biochemistry* 43:1362-1371.
- Oliveira HC, Freschi L, Sodek L (2013). Nitrogen metabolism and translocation in soybean plants subjected to root oxygen deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry* 66:141-149.

- Oliveira J, Vasconcelos C, Costa M, Cunha M, Leandro E, Russo M (2009). Quality evaluation of organic composts commercialized in the region of Entre Douro e Minho. *Revista de ciências agrárias* 285-297.
- Oliveira MRV de (1995). O emprego de casas-de-vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. 30(8):1049-1060.
- Orgaz F, Fernández MD, Bonachela S, Gallardo M, Fereres E (2005). Evapotranspiration of horticultural crops in an unheated plastic greenhouse. *Agricultural Water Management* 72:81-96.
- Ortega-Farías S, Calderon R, Martelli N, Antonioletti R (2004). Evaluacion de un modelo para estimar la radiacion neta sobre un cultivo de tomate industrial. *Agricultura Técnica* 61:41-49.
- Pivetta CR, Heldwein AB, Tazzo IF, Maldane IC, Dalbianco L, Streck NA, Machado RMA (2011). Maximum evapotranspiration of tomato grown under plastic greenhouse based upon meteorological and phenological variables. *Bragantia*, Campinas 70 (3):707-714.
- Rezende FC, Alves DRB, Furlan RA, Passos KS, Frizzzone JA, Folegatti MV (2004). Determinação da evaporação em casa de vegetação utilizando tanque reduzido e atmômetro. *Irriga* 9:282-288.
- Rodrigues PNF, Rolim MM, Neto EB, Costa RNT, Pedrosa EMR, Oliveira VS (2011). Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental* 15 (8):788– 793.
- Rosas C (2002). Compostagem. Disponível em: <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Solo>. Consultado em: 30 de Novembro de 2012.
- Sanford GR, Posner JL, Schuler RT, Baldock JO (2008). Effect of dairy slurry application on soil compaction and corn (*Zea mays* L.) yield in Southern Wisconsin. *Soil & Tillage Research* 100: 42–53.
- Santos JQ (1996). Fertilização – Fundamentos da Utilização dos Adubos e Correctivos. Publicações Europa-America, Mem Martins, Portugal.
- Santos RHS, Silva F, Casali VWD, Conde AR (2001). Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36 (11):1395-1398.
- Seran TH, Srikrishnah S, Ahamed MMZ (2010). effect of different levels of inorganic fertilizers and compost as basal application on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *The Journal of Agricultural Sciences* 5(2):64-70.
- Sousa CAF, v Sodek L (2002). The metabolic response of plants to oxygen deficiency. *Braz. J. Plant Physiol* 14 (2):83-94.

- Vidigal SM, Ribeiro AC, Casali VWD, Fontes LEF (1995). Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica: I. Ensaio de campo. *Revista Ceres*, Viçosa 42 (239):80-88.
- Vidigal SM, Ribeiro AC, Casali VWD, Fontes LEF (1995). Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica: II. Ensaio em casa de vegetação. *Revista Ceres*, Viçosa 42 (239):89-97.
- Vidigal SM, Sediya MAN, Pedroso MW, Santos MR (2010). Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. *Horticultura Brasileira* 28: 168-173.
- von Elsner B, Briassoulis D, Waaijenberg D, Mistriotis A, von Zabeltitz C, Gratrau J, Russo G, Suay-Cortes R (2000a). Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries: Part I, Design Requirements. *J. agric. Engng Res.* 75:1-16.
- von Elsner B, Briassoulis D, Waaijenberg D, Mistriotis A, von Zabeltitz C, Gratrau J, Russo G, Suay-Cortes R (2000b). Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries, Part II: Typical Designs. *J. agric. Engng Res.* 75:111-126.
- Yoldas F, Ceylan S, Mordogan N, Esetlili BC (2011). Effect of organic and inorganic fertilizers on yield and mineral content of onion (*Allium cepa* L.). *African Journal of Biotechnology* 10(55): 11488-11492.
- Zhang ZK, Liu SQ, Liu SH, Huang ZJ (2010). Estimation of Cucumber Evapotranspiration in Solar Greenhouse in Northeast China. *Agricultural Sciences in China* 9:512-518.

4. Avaliação da produtividade de alface (*Lactuca sativa* L.) com aplicação de três fertilizantes orgânicos ao ar livre

Resumo

A alface é uma cultura muito exigente em nutrientes, principalmente nitrogénio, pelo que a escolha da fonte de adubo orgânico, animal, vegetal é extremamente importante para garantir a produtividade da cultura. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho de três fontes de nutrientes (corretivo orgânico, estrume de galinha e estrume de cavalo) numa cultura de alface (*Lactuca sativa* L.), variedade ‘Batuca’, produzida ao ar livre. O ensaio foi montado no Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto, em Coimbra, Portugal pertencente à Direção Regional de Agricultura e Pesca do Centro (DRAPC) entre os meses de Setembro a Dezembro de 2012. O rendimento da cultura foi maior na dose de 20 l/m² de estrume de galinha, seguido da dose com 10 l/m² do mesmo fertilizante e 1.5 kg/m² de corretivo orgânico maturado. Os rendimentos obtidos nas parcelas com estrume de cavalo não diferiram dos resultados das parcelas utilizadas como controlo (sem qualquer aplicação de fertilizantes).

4.1. Introdução

A adubação orgânica com estrume de animais e outros compostos orgânicos tem sido amplamente utilizada na agricultura, com o objetivo de reduzir as quantidades de fertilizantes químicos e melhorar as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo (Silva, 2001; Yu et al., 2013). A matéria orgânica influencia positivamente diversas características do solo, tais como a população de microrganismos no solo, o fornecimento de nutrientes para a cultura (Hebbar et al., 2004), a capacidade de troca catiónica (Yu et al., 2013), a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes. A matéria orgânica participa também na formação de agregados do solo e, consequentemente, diminui a densidade do solo (Oliveira et al., 2009), aumentando a porosidade, infiltração, retenção de água e aeração do solo (Luchese, 2002; Souza e Resende, 2006).

A quantidade de nutrientes nos fertilizantes orgânicos depende da matéria-prima usado no processo de produção do composto ou o tipo de estrume de animais usado (Silva, 2001). O estrume de galinha, por exemplo, é tido como o mais rico em nitrogénio, com cerca de 276 kg de nitrogénio por cada 10 toneladas de estrume enquanto o estrume de

equinos e bovinos possuem respetivamente 88 e 48 kg de nitrogénio por cada 15 toneladas de estrume (Hebbar et al., 2004). Em termos percentuais, o estrume de galinha possui 3% de nitrogénio, o estrume de cavalo possui 0.6% e o de bovinos 0.3% de nitrogénio (Hebbar et al., 2004; Santos e Medeiros, 2005). Na produção de compostos orgânicos são utilizados fontes ricas em nitrogénio, como por exemplo o restolho das leguminosas, no caso da utilização de material de baixa qualidade alguns produtores adicionam estrume animal para garantir a riqueza do composto final (Ghanbarian et al., 2008).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortícola originária da Ásia e Europa (Resende et al., 2003) e é cultivada em quase todas as regiões do globo terrestre (Gomes 2001; Resende et al., 2003). É uma planta herbácea rica em nutrientes e clorofila (Resende et al., 2003). Esta hortícola constitui ainda uma importante fonte de vitaminas (A, C e niacina) e sais minerais (enxofre, fósforo, ferro, cálcio e silício) (Oshe et al., 2001).

A China, os EUA e a Índia são os 3 maiores produtores Mundiais de Alface. Portugal é o 17º produtor mundial e o 6º maior produtor Europeu com uma produção estimada em 106.800 toneladas em 2010 (FAOSTAT, 2012). As áreas de mercado mais representativas da produção de alface m Portugal são o oeste, a grande Lisboa, o grande Porto, Póvoa de Varzim – Esposende, Aveiro, Leiria, Gândaras e o Algarve (INE, 2011).

A alface desenvolve-se bem quando adubada com nitrogénio (Ghanbarian et al., 2008). Por ser uma cultura folhosa, o nitrogénio é o nutriente mais extraído pela cultura (Masarirambi et al., 2012 e Beninni, 2005). Em geral, a adubação nitrogenada recomendada para a alface é de 100 a 130 kg por hectare de nitrogénio inorgânico (Araújo et al., 2011) ou 40 a 60 toneladas por hectare de um fertilizante orgânico (Ghanbarian et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o desempenho de três fertilizantes orgânicos (corretivo orgânico, estrume de aves e estrume de cavalo) numa cultura de alface, variedade ‘Batuca’, produzida ao ar livre.

4.2. Metodologia

4.2.1. Localização do Ensaio

O ensaio foi montado no Centro Experimental do Baixo Mondego / Unidade Experimental do Loreto, em Coimbra, Portugal, pertencente à Direção Regional de Agricultura e Pesca do Centro (DRAPC), entre Setembro e Dezembro de 2012. As principais características do solo estão apresentadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1. Principais características do solo agrícola da DRAPC

Parâmetro	Valor
Textura	Média
pH	6.8
Matéria Orgânica	2.3%
Nitrogénio	0.108%
Fósforo	≥ 200 ppm
Potássio	158 ppm
Manganês	116 ppm

Fonte: DRAPC (2007)

4.2.2. Caracterização físico-químico dos fertilizantes orgânicos usados

2.2.1. Estrumes

Fertilizantes naturais produzidos à base de estrume de cavalo e à base de estrume de galinha, de textura média e com alto teor de matéria orgânica. Foi concebido para incorporação no solo e em substratos, sendo recomendado para estabelecer os níveis de matéria orgânica no solo e para obter condições favoráveis para germinação de sementes e desenvolvimento das plantas.

Tabela 4.2. Características do estrume de cavalo (dados do rótulo da embalagem)

Parâmetro	Valor
pH (H ₂ O)	6.0-7.0
Matéria orgânica	>7 0%
Humidade	50 - 60%
Nitrogénio (N)	75 - 175 mg/l (≈ 0.14 - 0.33 g/kg)
Fósforo (P ₂ O ₅)	150-300 mg/l (≈ 0.28 - 57 g/kg)
Potássio (K ₂ O)	950-1500 mg/l (≈ 1.8 - 2.3 g/kg)

Tabela 4.3. Características do estrume de galinha (dados do rótulo da embalagem)

Parâmetro	Valor
pH (H ₂ O)	7.0-8.0
Matéria orgânica	Maior que 70 mg/l
Humidade	50-60%
Nitrogénio (N)	400-1200 mg/l (\approx 0.7 – 2.3 g/kg)
Fósforo (P ₂ O ₅)	700-1000 mg/l (\approx 1.3 – 1.9 g/kg)
Potássio (K ₂ O)	1000-1300 mg/l (\approx 1.9 – 2.5 g/kg)

4.2.2.2. Corretivo orgânico

Fertilizante produzido à base de matéria orgânica vegetal (50%), matéria orgânica de origem animal (25%) e turfa (25%). Quando aplicado no solo contribui para o reforço dos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes no solo, em virtude de estimular a atividade microbiana no solo, aumentando os valores de pH e cálcio no solo. É rico em macronutrientes como nitrogénio, potássio, fósforo, magnésio, e enxofre, e em micronutrientes como o boro, ferro, manganês, zinco e cobre (Tabela 4.4).

Tabela 4.4. Caracterização do corretivo orgânico maturado (dados do rótulo da embalagem).

Parâmetro	Valor
pH	8.4
Humidade	57.6%
Matéria Orgânica	1.9-2.2% (\approx 19 - 22 g/kg)
Nitrogénio (N)	1-1.25% (\approx 10 - 12.5 g/kg)
Fósforo (P ₂ O ₅)	3-3.5% (\approx 30 - 35 g/kg)
Potássio (K ₂ O)	5.5-6.5% (\approx 55 - 65 g/kg)
Cálcio (Ca)	0.6-0.7% (\approx 6 - 7 g/kg)
Magnésio (Mg)	3.1-3.6% (\approx 31 - 36 g/kg)
Enxofre	1.9-2.2% (\approx 19 - 22 g/kg)
Boro	30.6 mg/kg
Cadmio	0.8 mg/kg
Cobre	33.9 mg/kg
Crómio	3.7 mg/kg
Níquel	5.1 mg/kg
Chumbo	6.3 mg/kg
Zinco	230 mg/kg

4.2.4. Desenho Experimental

O esquema do ensaio consistiu um delineamento de blocos completamente casualizado com 3 tratamentos para o corretivo orgânico maturado (Figura 4.1) e 2 tratamentos para o estrume de galinha e estrume de cavalo (Figura 4.2 e 4.3), tendo cada tratamento 4 repetições (réplicas). A distância entre os blocos foi de 2 metros e a distância entre as parcelas foi de 1.5 metros. Todos os tratamentos foram feitos na mesma parcela do terreno, separados a uma distância de 2 metros.

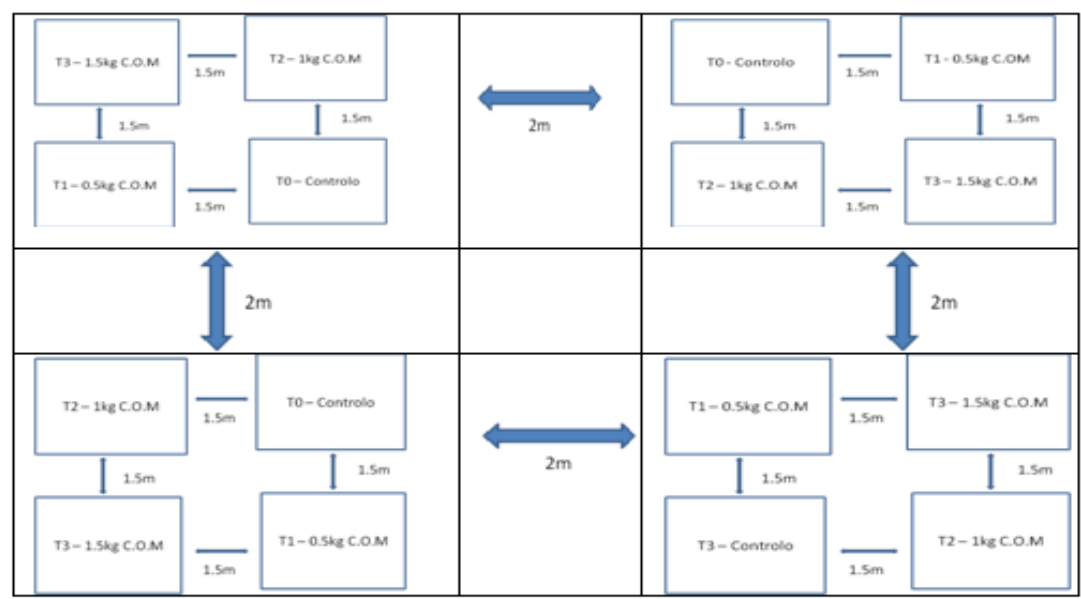



Figura 4.1. Esquema do ensaio de corretivo orgânico

 = Blocos sem tratamento

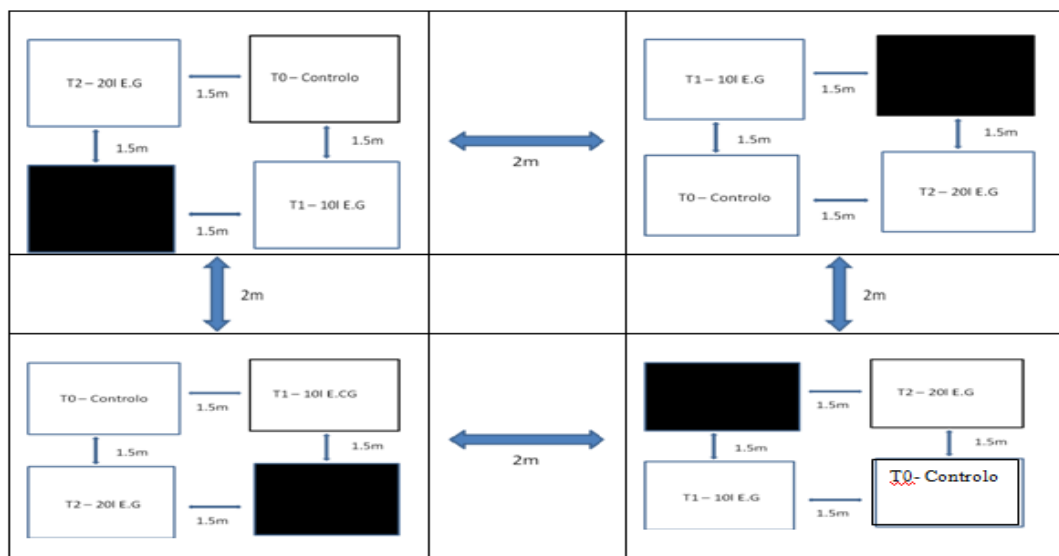
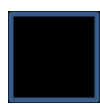


Figura 4.2. Esquema de ensaio com estrume de galinha (E.G)

 = Blocos sem tratamento

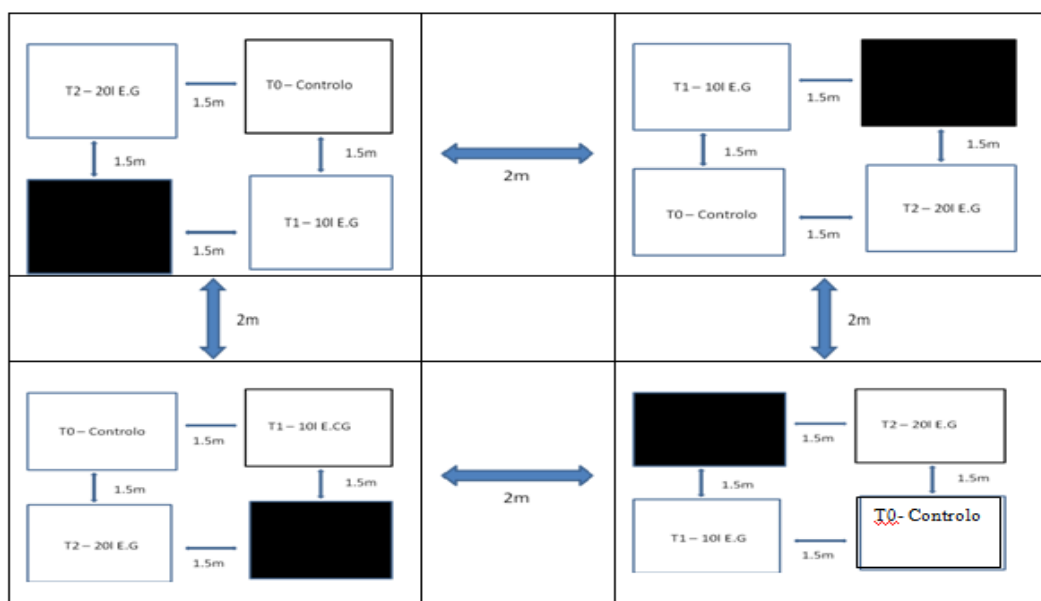
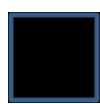


Figura 4.3. Esquema de ensaio com estrume de cavalo (E.C)

 = Blocos sem tratamento

4.2.5. Taxas de aplicação dos Fertilizantes

Os tratamentos com o corretivo orgânico maturado foram os seguintes: T0 - controle (0 kg/m²), T1 (0.5 kg/m²), T2 (1 kg/m²) e T3 (1.5 kg/m²). A dose recomendada pelo fabricante para aplicação do corretivo é de 2 kg/m².

Os tratamentos com estrume de galinha foram os seguintes: T0 - controle - (0 l/m²), T1- (10 l/m²) e T2 - (20 l/m²). A dose recomenda pelo fabricante é de 20 l/m², correspondente ao T2. O peso de um litro de estrume de galinha é de aproximadamente 530 gramas.

Os tratamentos com estrume de cavalo foram os seguintes: T0 - controle - (0 l/m²), T1- (10 l/m²), T2 - (20 l/m²). A dose recomenda pelo fabricante é de 20 l/m², correspondente ao T2. O peso de um litro de estrume de cavalo é de aproximadamente 530 gramas.

4.2.6. Parâmetros avaliados

O rendimento da cultura foi determinado em kg/m² e posteriormente convertido para toneladas por hectare (unidade convencional para avaliar o rendimento das culturas). Foram avaliados o rendimento bruto e o rendimento comercial da cultura. O rendimento bruto correspondeu ao peso toda da planta, incluindo as raízes, e o rendimento comercial correspondeu ao peso da planta depois de removidas as raízes.

4.2.7. Análise Estatística

Os dados obtidos nos diferentes tratamentos foram comparados usando uma análise de variância de uma via (ANOVA). De seguida, realizou-se um teste *post-hoc* de Tukey com um nível de significância de 5 %, para comparar as médias dos tratamentos com aplicação de fertilizantes e os tratamentos sem aplicação de fertilizante (controle). Para as diferentes análises estatísticas usou-se o pacote de *software* STATISTICA 7.0.

4.3. Resultados

4.3.1. Rendimentos brutos

A ANOVA mostrou diferenças significativas entre os fertilizantes orgânicos e entre as doses aplicadas dentro da mesma fonte de nutrientes.

Observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos (teste de Tukey com um nível de significância de 5%) no rendimento bruto da cultura, sendo que a taxa de aplicação de 20 l/m² do estrume de galinha foi o tratamento que apresentou um maior rendimento bruto médio, seguido pelos tratamentos realizados com 1.5 kg/m² do corretivo orgânico e 10 l/m² de estrume de galinha (Figura 4.2). Observou-se uma diferença significativa entre os dois tratamentos realizados com estrume de galinha, porém não se observaram diferenças estatísticas entre a dose com 10 l/m² e o tratamento com 1.5 kg/m² do corretivo orgânico maturado (Figura 4.1).

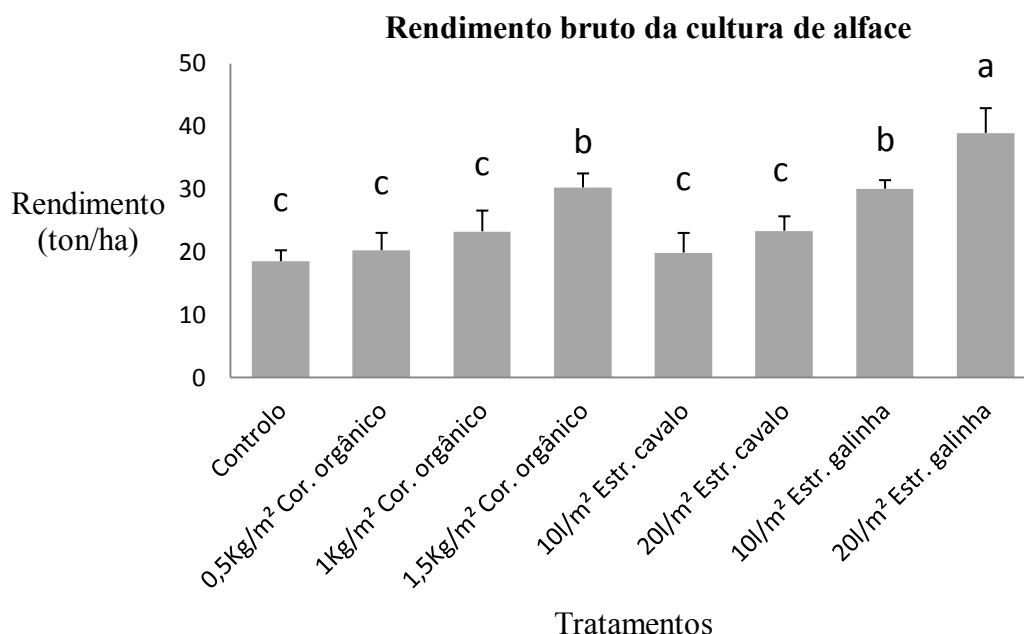


Figura 4.1. Rendimento bruto da cultura de alface nos diferentes tratamentos. (Médias seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si; (Teste de Tukey com nível de significância de 5%). Cor. orgânico = Corretivo Orgânico Maturado; Estr. Cavalo = Estrume de Cavalo; Estr. galinha = Estrume de Galinha.

Durante o ciclo vegetativo da cultura o aspeto das plantas foi uniforme em todos os tratamentos, com a exceção do controlo que mostrava sintomas visuais de deficiência de nutrientes, caracterizados por clorose nas folhas e crescimento reduzido. Estes sintomas foram mais evidentes na fase final do seu ciclo vegetativo. Este facto é confirmado com o baixo peso que o controlo apresentou comparativamente com os outros tratamentos.

4.3.2. Rendimento Comercial

Dos tratamentos com o corretivo orgânico maturado, apenas a dose com 1.5 kg/m² apresentou diferenças significativas em relação ao controlo (Figura 4.2). Apesar de apresentarem um rendimento comercial maior do que o controlo, não houve diferenças significativas nas doses aplicadas com 0.5 e 1 kg/m² do corretivo.

No que diz respeito aos tratamentos com estrume de origem animal, não se observaram diferenças significativas em relação ao controlo no rendimento da cultura nas duas doses aplicadas de estrume de cavalo (Figura 4.2). No entanto, verificou-se uma diferença significativa no aumento do rendimento da cultura em ambas as doses de estrume de galinha (Figura 4.2).

Entre as três fontes de nutriente, o estrume de galinha na dose 20 l/m² foi que teve melhor desempenho, seguido pela dose de 1.5 kg/m² de corretivo orgânico maturado e 10 l/m² de estrume de galinha (tendo estes dois tratamentos um rendimento similar). Estes três tratamentos apresentam diferenças significativas entre si (teste de Tukey). A diferença entre as duas doses de estrume de galinha foi significativa.

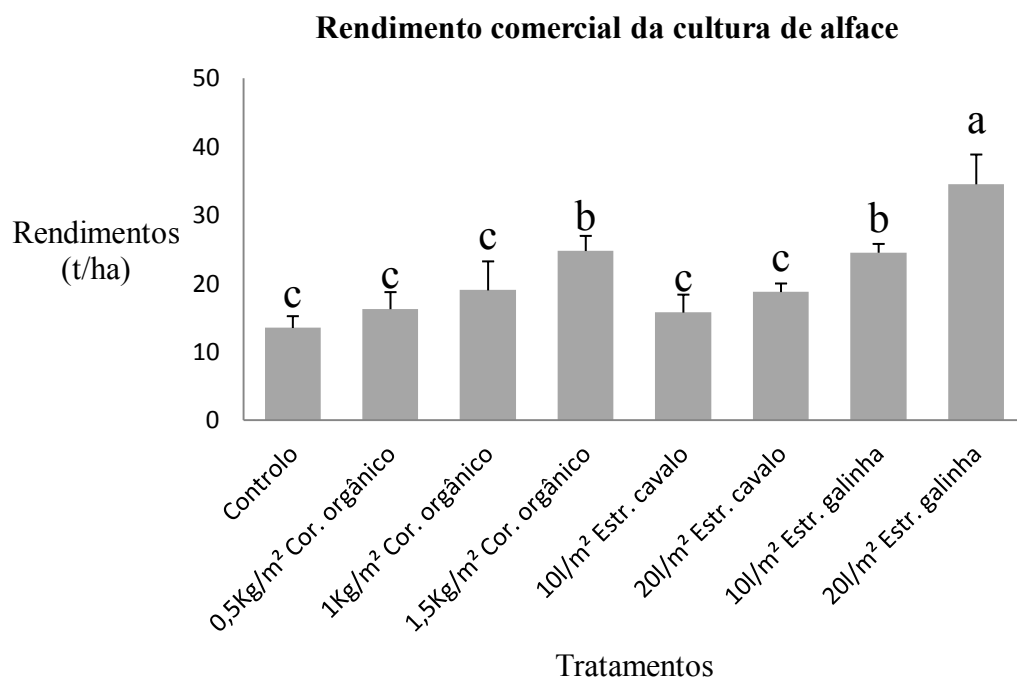


Figura 4.2. Rendimento comercial da cultura de alface nos diferentes tratamentos. (Médias seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si; (Teste de Tukey com nível de significância de 5%). Cor. orgânico = Corretivo Orgânico Maturado; Estr. Cavalo = Estrume de Cavalo; Estr. galinha = Estrume de Galinha.

4.3.3. Discussão

As plantas reagiram positivamente à aplicação de corretivo orgânico maturado e estrume de galinha. No entanto, nos tratamentos com estrume de cavalo as plantas tiveram um menor crescimento. Para além do rendimento, as plantas apresentaram folhas largas e consistentes, o que explica que o corretivo orgânico maturado e o estrume de galinha além de proporcionarem um maior rendimento, melhoraram a qualidade da alface colhida. Estes resultados estão de acordo com os resultados descritos anteriormente onde é afirmado que a adubação orgânica não só incrementa a produtividade, mas também produz plantas com melhores características qualitativas do que as plantas cultivadas exclusivamente com fertilizantes químicos (Santos et al., 2001a; Santos et al., 2001b). A aplicação de fertilizantes orgânicos pode, portanto, exercer uma forte influência na conservação e pós-colheita da alface. Este facto foi observado por Santos et al. (2001b), que observou uma redução crescente da perda de matéria fresca após a colheita até 7% com aplicação de 91.2 toneladas por hectare. Outros estudos corroboram a importância da matéria orgânica na conservação da alface independentemente da dose aplicada (Resende et al., 2005; Almeida et al., 2008).

O corretivo orgânico maturado apresentou um rendimento crescente com o aumento da dose. Este resultado contraria os resultados de estudos anteriores (Santos et al., 2001a; Lopes et al., 2005) nos quais foi observado um menor teor de matéria seca com doses crescentes de composto orgânico. Um aumento na produção de matéria seca da alface com a aplicação de composto orgânico produzido na base de resíduos de uma indústria siderúrgica, corrigida com calcário foi também observado num estudo anterior (Prado et al., 2002). Uma vez que a dose recomendada pelo fabricante de 2 kg/m^2 , não foi aplicada neste trabalho, espera-se que a aplicação de quantidades superiores a aplicados neste trabalho proporcione melhores resultados.

A taxa de aplicação de corretivo orgânico maturado recomendada pelo fabricante é de 2 kg/m^2 , o que equivale 20 toneladas por hectare. Esta dose representa menos de metade da dose recomendada indicada num estudo anterior (Yuri et al., 2004), no qual um rendimento máximo de alface foi obtido após a aplicação de 56 toneladas por hectare de

composto orgânico, o que corrobora o rendimento obtido no presente estudo com o corretivo orgânico maturado.

A alface, geralmente, cresce bem com adubação orgânica, no entanto essa resposta varia de acordo com a variedade e a fonte de nutriente utilizada (Fontanétti et al., 2006). A produção de alface em função da aplicação de diferentes doses de compostos orgânicos e fertilizante mineral foi avaliada num ensaio onde foi observado um menor rendimento da cultura de alface nas parcelas em que foram aplicados fertilizantes químicos (Steiner et al., 2012). O estudo citado mostrou a importância da aplicação de fertilizantes orgânicos na cultura de alface, resultado corroborado pelos obtidos no presente trabalho. Melo Silva (2010) testou compostos orgânicos em diferentes dosagens (30, 60, 90 e 120 toneladas por hectare) tendo concluído que os compostos supriram satisfatoriamente as necessidades de nitrogénio da alface, dispensando o uso de fertilizante mineral. Porto (1999) obteve maior diâmetro e número de folhas por planta de alface na dosagem de 80 toneladas por hectare de adubo orgânico. Por outro lado, em alguns trabalhos os autores não obtiveram aumento da produção de alface com aplicação de matéria orgânica (Turazi, 2006; Almeida et al., 2008).

O estrume de cavalo não teve diferenças significativas em relação ao controlo; também não houve diferenças estatísticas entre as doses dos tratamentos com estrume de cavalo. É provável que este resultado possa ter a ver com a libertação lenta de nutrientes de estrume de cavalo. Comparando a composição dos três compostos orgânicos aplicados, pode constatar-se que o estrume de cavalo é o fertilizante menos rico em nitrogénio, sendo este o elemento mais extraído pela cultura da alface (Beninni, 2005; Masarirambi et al., 2012). Este facto pode justificar os rendimentos baixos apresentados nas parcelas onde este fertilizante foi aplicado. É provável que o estrume de cavalo precise de mais tempo para mineralização e consequentemente de um maior tempo até à disponibilização de nutrientes para as plantas. Como os fertilizantes foram incorporados no mesmo dia do transplante da cultura, este estrume pode não ter tido tempo suficiente para libertar nutrientes. Provavelmente, a cultura subsequente tirará proveitos dos resíduos deste estrume. Estudos anteriores (Vidigal et al., 1997; Silva et al., 2010; Maltas et al., 2013) provaram que o estado de mineralização dos compostos orgânicos condiciona a disponibilidade de nutrientes às plantas.

Dos três fertilizantes o estrume de galinha foi o que apresentou o maior rendimento médio. O rendimento obtido com o estrume de galinha foi significativamente maior que o rendimento obtido nas plantas cultivadas em parcelas com estrume de cavalo e corretivo orgânico maturado. Resultados semelhantes foram relatados por outros estudos quer em culturas de alface (Flynn et al., 1995; Paudel et al., 2004), quer em culturas de outras hortícolas bem como em cultura de milho (Obi e Ebo, 1994). Por causa do alto custo de produção e das preocupações ambientais, existe uma tendência crescente para trocar a utilização de fertilizantes químicos por fertilizantes orgânicos, como o estrume de aves, que são uma alternativa mais sustentável (Carol et al., 1996). O estrume de galinha pode ser a melhor alternativa para os produtores orgânicos para uma produção sustentável de alface bem como de outras hortícolas (Paudel et al., 2004).

O estrume de galinha teve maiores rendimentos na dose de 20 l/m² (1 l estrume = 0.53 kg), equivalente a 106 toneladas por hectare, o que consiste numa quantidade bastante elevada quando comparado as doses aplicadas noutros estudos (Masarirambi et al., 2012). No estudo citado anteriormente foram obtidos rendimentos máximos em todos os parâmetros avaliados numa dose de 60 toneladas por hectare de estrume de galinha. Segundo a composição de compostos orgânicos produzidos a partir de estrume de galinha, estrume de gado bovino e palhas de várias origens, o estrume de galinha é o mais rico em nitrogénio e possui a menor razão carbono/nitrogénio (Araújo et al., 2008).

4.4. Conclusão

Os resultados deste trabalho permitem concluir que o estrume de galinha proporciona maiores rendimentos na cultura de alface, devido à maior disponibilidade do nutriente nitrogénio. Este fertilizante pode ser aplicado para promover as propriedades físicas e químicas do solo e simultaneamente, garantir melhores rendimentos da cultura.

O estrume de cavalo provavelmente necessitaria de mais tempo de compostagem para maior estabilização do produto uma vez que não trouxe qualquer aumento ao rendimento da colheita de alface em relação ao controlo.

Como a alface é uma hortícola folhosa que apresenta grande resposta a adubação nitrogenada e a altos teores de água no solo, possui grande potencial de produção com fertilizantes orgânicos.

4.5. Referências Bibliográficas

- Almeida MMTB, Lixa AT, Silva EE, Azevedo PHS, De-Polli H, Ribeiro RLD (2008). Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília 43 (6):675-682.
- Araújo WF, Sousa KTS, Viana TVA, Azevedo BM, Barros MM, Marcolino E (2011). Resposta da alface a adubação nitrogenada. Revista Agro@mbiente On-line 5 (1):12-17.
- Beninni ERY (2005). Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. Semina: Ciências Agrárias, Londrina 26 (3): 273-282.
- Carol N, Opera CN, Asiegbu JE (1996). Nutrient content of poultry manures and optimum rate for eggplant fruit yield in a weathered tropical ultisol. Biological Agriculture and Horticulture 13: 341-350.
- Flynn RP, Wood CW, Guertal EA (1995). Lettuce response to composted broiler litter as a potting substrate component. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 964-670.
- Fontanétti A, Carvalho GJ, Gomes LAA, Almeida K, Moraes SRG, Teixeira CM (2006). Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. Horticultura Brasileira 24 (2):146-150.
- Food and Agriculture Organization FAO (2012). Statistic of Agricultural production, primary crops. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 04 Dezembro de 2012.
- Gomes TM (2001). Efeito do CO₂ aplicado na água de irrigação e no ambiente sobre a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Brasil, 83pp.
- Hebbar SS, Ramachandrappa BK, Nanjappa HV, Prabhakar M (2004). Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). European Journal of Agronomy 21:117 – 127.
- Instituto Nacional de Estatística INE (2011). Estatísticas Agrícolas 2010, Instituto Nacional de Estatística, I.P. ISSN 0079-4139 Lisboa
- Lopes JC, Ribeiro LG, Araújo MG, Beraldo MRBS (2005). Produção de alface com doses de lodo de esgoto. Horticultura Brasileira, Brasília 23 (1):143-147. 2005.
- Luchese EB (2002). Fase sólida do solo. In: Fundamentos da química do solo. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, cap. 2, p. 19-45.

- Masarirambi MT, Dlamini PP, Wahome K, Oseni TO (2012). Effects of Chicken Manure on Growth, Yield and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) 'Taina' Under a Lath House in a Semi-Arid Sub-Tropical Environment. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 12 (3): 399-406.
- Melo Silva FA (2010). Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá 32 (1):131-137.
- Obi ME, Ebo PO (1994). The effect of organic and inorganic amendments on soil physical properties and maize production in a severely degraded sandy soil in Southern Nigeria. *Bioresource Technology*. 51: 117 – 123.
- Oliveira J, Vasconcelos C, Costa M, Cunha M, Leandro E, Russo M. (2009) Quality evaluation of organic composts commercialized in the region of Entre Douro e Minho. *Revista de ciências agrárias* 285-297.
- Oshe S, Dourado-Neto D, Manfron PA, Santos OS (2001). Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidropônia. *Scientia Agricola* 58 (1):181-185.
- Paudel KP, Sukprakarn S, Sidathani K, Osotsapar Y (2004). Effects of Organic Manures on Production of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). In: Reference to Chemical Fertilizer Kasetsart. *J. Nat. Sci.* 38 (1): 31 - 37.
- Porto VC (1999). Fonte e doses de matéria orgânica na produção da alface. *Revista Caatinga*, Mossoró 23 (1/2):7-11.
- Prado RM, Coutinho ELM, Roque CG, Villar MLP (2002). Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37 (4):539-546.
- Resende GM, Alvarenga MAR, Yuri JE, Mota JH, Souza RJ, Rodrigues Júnior JC (2005). Produtividade e qualidade pós-colheita da alface americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio. *Horticultura Brasileira* 23 (4):976-981.
- Resende GM, Yuri JE, Mota JH, Souza RJ, Freitas SAC, Rodrigues Jr. JC (2003). Efeitos de tipos de bandejas e idade de transplântio de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade da alface americana. *Horticultura Brasileira* 21 (3): 558-563.
- Santos AM, Medeiros ARM (2005). Sistema de Produção do Morango. Nutrição, calagem e adubação. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap05.htm> acessado em 07-06-2013.
- Santos RHS, Silva F, Casali VWD, Condé AR (2001a). Efeito residual de adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília 36 (11):1395-1398.

- Santos RHS, Silva F, Casali VWD, Condé AR (2001b). Conservação pós-colheita de alface cultivada com composto orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36 (3):521-525.
- Silva FC (2001). Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília 36 (5): 831- 840.
- Souza JL, Resende P (2006). Manual de horticultura orgânica. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 842 p.
- Steiner F, Echer MM, Guimarães VF (2012). Produção de alface 'Piraroxa' afetada pela adubação nitrogenada com fertilizante orgânico e mineral. *Scientia Agraria Paranaensis* 11 (3):77-83.
- Turazi CMV (2006). Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. *Horticultura Brasileira*, Brasília 24 (1):65-70.
- Yu L, Nicolaisen M, Larsen J, Ravnskov (2013) Organic fertilizer alters the community of root associated fungi in *pisum sativum*L. *Soil Biology & Biochemistry* 58:36-41.
- Yuri JE, Resende GM, Rodrigues Júnior JC, Mota JH, Souza RJ (2004). Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. *Horticultura Brasileira*, Brasília 22 (1): 127-130.

5. Discussão geral e considerações finais

Na cultura de nabo em vasos o rendimento máximo foi obtido com aplicação de 10 l/m^2 de estrume de galinha, o que corresponde a metade da dose recomendada pelo fornecedor. No entanto, este rendimento não foi estatisticamente diferente do rendimento obtido com a aplicação de 5 l/m^2 do mesmo fertilizante, o que sugere que economicamente seja mais vantajoso aplicar a dose de 5 l/m^2 . As aplicações com quantidades maiores de estrume de galinha tiveram rendimento abaixo do controlo, provavelmente devido à toxicidade causada por excesso de matéria orgânica. Este efeito nocivo resultante da aplicação excessiva de fertilizante orgânico foi relatado por vários autores (Marschner, 1986; Santos, 1996; Oliveira et al., 2009; Masarirambi et al., 2012). Na mesma cultura (nabo) produzida em estufa na taxa de aplicação de 20 l/m^2 de estrume de galinha o rendimento foi igualmente inferior ao do controlo. Apesar de possíveis interferências de resíduos de fertilizantes aplicados na cultura anterior (Silva et al., 2010) e de eventuais danos causados pelo temporal do dia 19 de Janeiro de 2013, esta dose mostrou menor desempenho que o corretivo orgânico maturado.

Em estufa, o corretivo orgânico maturado teve melhor desempenho na dose de 2 kg/m^2 , mas em vasos o maior rendimento verificou-se na dose de 5 kg/m^2 . A diferença entre o rendimento da aplicação de 5 kg/m^2 e 2 kg/m^2 não foi estatisticamente significativa, sendo assim, pode concluir-se que a dose de 2 kg/m^2 é a dose economicamente mais rentável para esta cultura. Em estufa, o rendimento máximo foi obtido com aplicação de 2 kg/m^2 deste fertilizante. Já na cultura da alface que foi produzida ao ar livre os resultados foram diferentes, uma vez que o rendimento máximo foi obtido com aplicação de 20 l/m^2 de estrume de galinha, tendo este rendimento sido estatisticamente diferente do rendimento obtido com a aplicação de 10 l/m^2 . Atendendo a que a dose com maior rendimento corresponde ao dobro da outra taxa de aplicação testada é provável que haja uma dose intermédia que providencie melhores rendimentos.

O rendimento máximo com aplicação de corretivo orgânico maturado foi obtido com a dose de 1.5 kg/m^2 , que não diferiu estatisticamente da dose de 10 l/m^2 de estrume de galinha. A dose recomendada do corretivo orgânico maturado pelo fabricante é de 2 kg/m^2 , dose que opcionalmente não foi aplicada neste trabalho. Uma vez que a cultura de alface

foi estabelecida ao ar livre, o rendimento de todos os tratamentos poderão ter sido influenciados por fatores climáticos adversos, que se fizeram sentir durante o ciclo da cultura. De igual modo, a mineralização dos compostos pode ter sido influenciada pelas baixas temperaturas registadas nesta época.

Na cultura de cebola em vasos o peso e o diâmetro dos bolbos foram maiores no tratamento com aplicação de 5 l/m² de estrume de galinha, seguido do tratamento 2 kg/m² de corretivo orgânico maturado. Na estufa o rendimento da aplicação de 2 kg/m² de corretivo orgânico maturado foi superior ao rendimento obtido com a aplicação de 20 l/m² de estrume de galinha. No entanto, o diâmetro dos bolbos entre os dois tratamentos foi similar. A diferença do rendimento entre os dois tratamentos residuiu apenas no peso dos bolbos, o que pode ter a ver com a formação de bolbos pouco consistentes e com baixo peso nas cebolas dos vasos com taxa de aplicação de 20 l/m² de estrume de galinha.

A variação de pH do solo entre os tratamentos pode ajudar a explicar a diferença dos rendimentos. Os tratamentos com aplicação de maior quantidade de matéria orgânica tiveram um aumento dos valores de pH do solo. Este aumento pode ter causado um desequilíbrio na disponibilização dos nutrientes para as culturas e na fisiologia das próprias plantas. O aumento da matéria orgânica pode ter influenciado a capacidade de troca catiónica, retendo a planta alguns iões importantes, como o macronutriente fósforo, mas também pode ter disponibilizado grandes quantidades de nitrogénio na forma de amónia, que é tóxico para as plantas. Estudos anteriores (Guppy et al., 2005; Pavinato e Rosolem, 2008) constataram a subida de valores do pH do solo com aplicação de matéria orgânica. Estes autores relacionaram o aumento do valor de pH com o decurso da decomposição e mineralização da matéria orgânica.

A matéria orgânica do solo é um importante indicador da fertilidade e produtividade do solo devido ao seu papel crucial nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Portanto, a manutenção de um nível satisfatório de matéria orgânica no solo é necessária para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas. A aplicação correta de matéria orgânica através de fertilizantes orgânicos fornece níveis adequados de nutrientes às plantas, podendo ser dispensada a aplicação de fertilizantes inorgânicos,

compostos estes que têm sido frequentemente associados à poluição de águas dos lagos e dos rios bem como com a degradação dos ecossistemas terrestres.

O uso de estufas na agricultura condiciona um ambiente propício à produção de culturas em épocas menos favoráveis para o desenvolvimento de culturas ao ar livre. Estas estruturas minimizam os efeitos de escoamento superficial e reduzem a infiltração da água nos solos, reduzindo o risco de contaminação das águas subterrâneas por produtos usados na agricultura como fertilizantes e pesticidas. Os resíduos dos nutrientes aplicados nas culturas anteriores podem ser aproveitados pelas culturas subsequentes, uma vez que estes não são lixiviados pelas chuvas, ficando apenas sujeitos a lixiviação por águas de rega. As temperaturas no interior das estufas aumentam a taxa de decomposição dos restos das culturas fornecendo assim pequenas quantidades de fertilizantes orgânicos pela incorporação dos restos vegetais.

As paredes laterais das estufas impedem a entrada do vento e protegem da entrada de pragas principalmente insectos, reduzindo a incidência de pragas e doenças o que contribui para a diminuição dos custos decorrentes da aplicação de pesticidas.

A aplicação de fertilizantes orgânicos, combinado com o uso de estufas na agricultura pode representar no futuro uma ferramenta na luta contra os danos ambientais, uma vez que a sua aplicação conjunta reduzirá a pressão sobre o solo, quer na redução dos impactos dos pesticidas a organismos não alvo, redução dos impactos da lixiviação de nutrientes e do escoamento superficial que causa erosão em muitos solos.

Os fertilizantes orgânicos aplicados neste trabalho estavam livres de microrganismos como fungos e bactérias, de acordo com os certificados dos fabricantes. No entanto, os certificados de qualidade não fazem menção à presença ou ausência de antibióticos, facto que impossibilita fazer comentários sobre a possível contaminação por antibióticos usados no tratamento dos animais e com alguns microrganismos associados a estes animais.

5.1. Referências Bibliográficas

- Guppy CN, Menzies NW, Moody PW, Blamey FPC (2005). Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. *Austr. J. Soil Res.*, 43:189-202.
- Kurtz C, Ernani PR (2010). Produtividade de cebola influenciada pela aplicação de micronutrientes. *R. Bras. Ci. Solo* 34:133-142.
- Marschner H (1986). Mineral nutrition in higher plants. Academic Press-Hacourt Brace Jovanovich Publishers, Londres.
- Masarirambi MT, Dlamini PP, Wahome K, Oseni TO, (2012). Effects of Chicken Manure on Growth, Yield and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa L.*) ‘Taina’ Under a Lath House in a Semi-Arid Sub-Tropical Environment. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 12 (3): 399-406.
- Oliveira J, Vasconcelos C, Costa M, Cunha M, Leandro E, Russo M. (2009). Quality evaluation of organic composts commercialized in the region of Entre Douro e Minho. *Revista de ciências agrárias* 285-297.
- Pavinato PS, Rosolem CA (2008). Disponibilidade de nutrientes no solo - Decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *R. Bras. Ci. Solo* 32:911-920.
- Santos JQ (1996). Fertilização – Fundamentos da Utilização dos Adubos e Correctivos. Publicações Europa-America, Mem Martins, Portugal.
- Silva FAM, Bôas RLV, Silva RB (2010). Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos, *Maringá* 32 (1): 131-137.